

BE 04/137

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 07 JUIN 2004

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS
CONFORMÉMENT À LA
RÈGLE 17.1.a) OU b)

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint-Petersbourg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr



26 bis, rue de Saint Pétersbourg - 75800 Paris Cedex 08

Pour vous informer : INPI DIRECT

☎ N° Indigo 0 825 83 85 87

0,15 € TTC/min

Télécopie : 33 (0)1 53 04 52 65

Réservé à l'INPI

REMISE DES PIÈCES

DATE

26 SEPT 2003

LIEU

75 INPI PARIS F

N° D'ENREGISTREMENT

0311347

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE

26 SEP. 2003

PAR L'INPI

Vos références pour ce dossier

(facultatif) 240578 D21249 JC

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354*03

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

page 1/3

BR1

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 @ W / 030103

1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE
À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE

Cabinet REGIMBEAU
20, rue de Chazelles
75847 PARIS CEDEX 17
FRANCE

Confirmation d'un dépôt par télécopie

☐ N° attribué par l'INPI à la télécopie

2 NATURE DE LA DEMANDE

Cochez l'une des 4 cases suivantes

Demande de brevet

☒

Demande de certificat d'utilité

☐

Demande divisionnaire

☐

Demande de brevet initiale

N°

Date

ou demande de certificat d'utilité initiale

N°

Date

Transformation d'une demande de

☐

brevet européen Demande de brevet initiale

N°

Date

3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)

Procédé de fabrication de structure multicouche à pertes diminuées

4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE

Pays ou organisation

Date

N°

Pays ou organisation

Date

N°

Pays ou organisation

Date

N°

☐ S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»

5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)

☒ Personne morale ☐ Personne physique

Nom
ou dénomination sociale

S.O.I.TEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES

Prénoms

Forme juridique

SOCIETE ANONYME

N° SIREN

384711909

Code APE-NAF

Domicile

Rue

Parc Technologique des Fontaines Chemin des Franques 38190
BERNIN FRANCE

ou
siège

Code postal et ville

Pays

FRANCE

Nationalité

Française

N° de téléphone (facultatif)

N° de télécopie (facultatif)

Adresse électronique (facultatif)

☒ S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»

Remplir impérativement la 2^{ème} page

REMISE DES PIÈCES
DATE **26 SEPT 2003**
LIEU **75 INPI PARIS F**
N° D'ENREGISTREMENT **0311347**
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

DB 540 W / 030103

6 MANDATAIRE (s'il y a lieu)	
Nom	240578 JC
Prénom	
Cabinet ou Société	Cabinet REGIMBEAU
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel	
Adresse	Rue 20, rue de Chazelles Code postal et ville 75847 PARIS CEDEX 17 Pays
N° de téléphone (facultatif)	01 44 29 35 00
N° de télécopie (facultatif)	01 44 29 35 99
Adresse électronique (facultatif)	info@regimbeau.fr
7 INVENTEUR (S) Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques	
Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes	<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)
8 RAPPORT DE RECHERCHE Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Paiement échelonné de la redevance (en deux versements)	Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG	
10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS <input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences	
Le support électronique de données est joint	<input type="checkbox"/>
La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe	<input type="checkbox"/>
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes	
11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) Christian TEXIER 92-1234	VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI



26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

CONFIRMATION

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354*02

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

Page suite N° 3. / 3..

BR/SUITE

Réservé à l'INPI

REMISE DES PIÈCES

DATE

26 SEPT 2003

LIEU

75 INPI PARIS F

N° D'ENREGISTREMENT

0311347

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 829 W / 011001

Vos références pour ce dossier (facultatif)

240578 JC

**4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ
OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE
LA DATE DE DÉPÔT D'UNE
DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE**

Pays ou organisation

Date

N°

Pays ou organisation

Date

N°

Pays ou organisation

Date

N°

5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)

☒ **Personne morale**

☐ **Personne physique**

Nom
ou dénomination sociale

UNIVERSITE CATHOLIQUE DE LOUVAIN

Prénoms

Forme juridique

N° SIREN

Code APE-NAF

Domicile
ou
siège

Rue

place de l'Université n°1 1348 LOUVAIN LA NEUVE BELGIQUE

Code postal et ville

Pays

BELGIQUE

Belge

Nationalité

N° de téléphone (facultatif)

N° de télécopie (facultatif)

Adresse électronique (facultatif)

5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)

☐ **Personne morale**

☐ **Personne physique**

Nom
ou dénomination sociale

Prénoms

Forme juridique

N° SIREN

Code APE-NAF

Domicile
ou
siège

Rue

Code postal et ville

Pays

Nationalité

N° de téléphone (facultatif)

N° de télécopie (facultatif)

Adresse électronique (facultatif)

**10 SIGNATURE DU DEMANDEUR
OU DU MANDATAIRE
(Nom et qualité du signataire)**

Christian TEXIER

[Signature] 92-1234

**VISA DE LA PRÉFECTURE
OU DE L'INPI**

La présente invention concerne un procédé de fabrication d'une structure multicouche réalisée à partir de matériaux semiconducteurs et comportant une couche utile, une couche de support et une couche électriquement isolante entre la couche utile et la couche de support.

5 Et l'invention concerne également des structures obtenues par un tel procédé.

On précise que l'invention s'applique à des structures minces ayant une forme de disque ("wafers" selon la terminologie anglo-saxonne répandue) du type de celles qui sont utilisées pour des applications en
10 microélectronique, optique, optronique.

Et dans la suite de ce texte, on désignera par l'appellation générale « structure concernée par l'invention » une structure telle que mentionnée ci-dessus, du type structure multicouche réalisée à partir de matériaux semiconducteurs et comportant une couche utile, une couche de support et
15 une couche électriquement isolante entre la couche utile et la couche de support.

Les structures multicouches associent plusieurs couches, dont certaines sont en des matériaux différents.

Une application de l'invention est ainsi la fabrication de structures
20 de type SOI (pour Silicon On Insulator – acronyme anglo-saxon de silicium sur isolant).

Un SOI de ce type comporte ainsi généralement :

- une couche utile en silicium monocristallin, présentant une faible résistivité (de l'ordre de quelques Ohms.cm),
- 25 ◦ une couche de support pouvant être en un silicium présentant une résistivité sensiblement plus forte, typiquement supérieure à 1000 Ohms.cm,
- et une couche électriquement isolante entre ces deux couches, par exemple une couche en SiO₂.

La présente invention concerne un procédé de fabrication d'une structure multicouche réalisée à partir de matériaux semiconducteurs et comportant une couche utile, une couche de support et une couche électriquement isolante entre la couche utile et la couche de support.

5 Et l'invention concerne également des structures obtenues par un tel procédé.

On précise que l'invention s'applique à des structures minces ayant une forme de disque ("wafers" selon la terminologie anglo-saxonne répandue) du type de celles qui sont utilisées pour des applications en
10 microélectronique, optique, optronique.

Et dans la suite de ce texte, on désignera par l'appellation générale « structure concernée par l'invention » une structure telle que mentionnée ci-dessus, du type structure multicouche réalisée à partir de matériaux semiconducteurs et comportant une couche utile, une couche de support et
15 une couche électriquement isolante entre la couche utile et la couche de support.

Les structures multicouches associent plusieurs couches, dont certaines sont en des matériaux différents.

Une application de l'invention est ainsi la fabrication de structures
20 de type SOI (pour Silicon On Insulator – acronyme anglo-saxon de silicium sur isolant).

Un SOI de ce type comporte ainsi généralement :

- une couche utile en silicium monocristallin, présentant une faible résistivité (de l'ordre de quelques Ohms.cm),
- 25 • une couche de support pouvant être en un silicium présentant une résistivité sensiblement plus forte, typiquement supérieure à 1000 Ohms.cm,
- et une couche électriquement isolante entre ces deux couches, par exemple une couche en SiO₂.

La couche dite « utile » est ainsi nommée car elle est destinée à recevoir des composants, typiquement des composants électroniques ou optroniques.

Il est désiré que les structures multicouches concernées par l'invention soient associées à des pertes électriques les plus faibles possibles.

On précise qu'on entend dans ce texte par « pertes » les pertes électriques dans la couche de support de la structure, lesdites pertes provenant du fonctionnement en polarisation des composants fabriqués sur la couche utile.

Ces pertes constituent des inconvénients, dans la mesure où elles affectent le rendement électrique de la structure et peuvent générer un bruit affectant la qualité des signaux dans la couche utile (notamment pour les applications très hautes fréquences – c'est à dire pour des fréquences typiquement supérieures à 10 GHz).

Les structures auxquelles s'applique l'invention présentent ainsi généralement :

- une résistivité électrique peu importante (de l'ordre de 5 à 30 $\Omega \cdot \text{cm}$) au niveau de leur couche utile, afin de permettre la bonne interaction des composants que comprendra cette couche,
- et une résistivité beaucoup plus importante au niveau des couches qui supportent cette couche utile, afin d'éviter les pertes électriques dans la structure. A cet effet, dans une structure concernée par l'invention (typiquement un SOI, sans que cela soit limitatif) la couche de support a typiquement une résistivité sensiblement plus importante que celle de la couche utile (par exemple une résistivité supérieure à 1000 $\Omega \cdot \text{cm}$).

La résistivité importante des couches supportant la couche utile de ces structures vise ainsi à diminuer les pertes associées à la structure.

Un but de l'invention est de permettre de réaliser des structures du type mentionné au début de ce texte, dans lesquelles les pertes sont aussi réduites que possible.

La couche dite « utile » est ainsi nommée car elle est destinée à recevoir des composants, typiquement des composants électroniques ou optroniques.

Il est désiré que les structures multicouches concernées par l'invention soient associées à des pertes électriques les plus faibles possibles.

On précise qu'on entend dans ce texte par « pertes » les pertes électriques dans la couche de support de la structure, lesdites pertes provenant du fonctionnement en polarisation des composants fabriqués sur la couche utile.

Ces pertes constituent des inconvénients, dans la mesure où elles affectent le rendement électrique de la structure et peuvent générer un bruit affectant la qualité des signaux dans la couche utile (notamment pour les applications très hautes fréquences – c'est à dire pour des fréquences typiquement supérieures à 10 GHz).

Les structures auxquelles s'applique l'invention présentent ainsi généralement :

- une résistivité électrique peu importante (de l'ordre de 5 à 30 $\Omega \cdot \text{cm}$) au niveau de leur couche utile, afin de permettre la bonne interaction des composants que comprendra cette couche,
- et une résistivité beaucoup plus importante au niveau des couches qui supportent cette couche utile, afin d'éviter les pertes électriques dans la structure. A cet effet, dans une structure concernée par l'invention (typiquement un SOI, sans que cela soit limitatif) la couche de support a typiquement une résistivité sensiblement plus importante que celle de la couche utile (par exemple une résistivité supérieure à 1000 $\Omega \cdot \text{cm}$).

La résistivité importante des couches supportant la couche utile de ces structures vise ainsi à diminuer les pertes associées à la structure.

Un but de l'invention est de permettre de réaliser des structures du type mentionné au début de ce texte, dans lesquelles les pertes sont aussi réduites que possible.

Et on précise que dans les applications très haute fréquences, les signaux électriques générés dans la couche utile de la structure peuvent traverser la couche isolante de la structure malgré l'effet d'isolation électrique de cette couche. Ceci correspond à des pertes qui sont comme on l'a vu pénalisantes.

Ainsi, et plus précisément encore qu'exposé ci-dessus, un autre but de l'invention est de permettre de réaliser des structures telles que mentionnées ci-dessus, dans lesquelles les pertes sont minimisées, et ce également pour des applications très hautes fréquences.

Afin d'atteindre ces buts, l'invention propose un procédé de fabrication d'une structure multicouche réalisée à partir de matériaux semiconducteurs et comportant une couche utile, une couche de support et une couche électriquement isolante entre la couche utile et la couche de support, caractérisé en ce que le procédé comprend la modification de la densité de pièges à porteurs et/ou de la charge électrique dans la couche électriquement isolante, en vue de minimiser les pertes électriques dans la couche de support de la structure.

Des aspects préférés, mais non limitatifs d'un tel procédé sont les suivants :

- ladite modification vise à augmenter la densité de pièges à porteurs au niveau de l'interface entre la couche isolante de la structure et la couche de support de la structure,
- ladite modification vise à diminuer la charge électrique dans la couche électriquement isolante de la structure,
- la couche utile est choisie de manière à présenter une résistivité sensiblement inférieure à la résistivité de la couche de support,
- le procédé comprend le collage d'un premier substrat comprenant la couche utile de la structure et d'un deuxième substrat comprenant la couche de support de la structure,
- ledit premier substrat comprend une couche isolante,

Et on précise que dans les applications très haute fréquences, les signaux électriques générés dans la couche utile de la structure peuvent traverser la couche isolante de la structure malgré l'effet d'isolation électrique de cette couche. Ceci correspond à des pertes qui sont comme
5 on l'a vu pénalisantes.

Ainsi, et plus précisément encore qu'exposé ci-dessus, un autre but de l'invention est de permettre de réaliser des structures telles que mentionnées ci-dessus, dans lesquelles les pertes sont minimisées, et ce également pour des applications très hautes fréquences.

10 Afin d'atteindre ces buts, l'invention propose un procédé de fabrication d'une structure multicouche réalisée à partir de matériaux semiconducteurs et comportant une couche utile, une couche de support et une couche électriquement isolante entre la couche utile et la couche de support, caractérisé en ce que le procédé comprend la modification de la
15 densité de pièges à porteurs et/ou de la charge électrique dans la couche électriquement isolante, en vue de minimiser les pertes électriques dans la couche de support de la structure.

Des aspects préférés, mais non limitatifs d'un tel procédé sont les suivants :

- 20 • ladite modification vise à augmenter la densité de pièges à porteurs au niveau de l'interface entre la couche isolante de la structure et la couche de support de la structure,
- ladite modification vise à diminuer la charge électrique dans la couche électriquement isolante de la structure,
- 25 • la couche utile est choisie de manière à présenter une résistivité sensiblement inférieure à la résistivité de la couche de support,
- le procédé comprend le collage d'un premier substrat comprenant la couche utile de la structure et d'un deuxième substrat comprenant la couche de support de la structure,
- 30 • ledit premier substrat comprend une couche isolante,

- ladite couche isolante du premier substrat correspond à la couche isolante de la structure,
- en vue de minimiser les pertes électriques dans la couche de support de la structure, on modifie la densité de pièges à porteurs préalablement au collage dudit premier substrat et dudit deuxième substrat,
- en vue de minimiser les pertes électriques dans la couche de support de la structure, on modifie la densité de pièges à porteurs en intercalant entre lesdits deux substrats à coller une couche intermédiaire destinée à être en contact avec la couche de support du deuxième substrat, le matériau de ladite couche intermédiaire étant choisi de manière à favoriser, par son association avec le matériau de ladite couche de support, une augmentation de densité de pièges à porteurs,
- on dépose ladite couche intermédiaire sur ledit deuxième substrat, préalablement audit collage des premier et deuxième substrats,
- ladite couche de support est en silicium et le matériau de ladite couche intermédiaire est un oxyde nitruré,
- en vue de minimiser les pertes électriques dans la couche de support de la structure, on modifie la densité de pièges à porteurs en utilisant pour le collage desdits premier et deuxième substrats au moins un matériau permettant de favoriser, par son association avec le matériau de ladite couche de support, une augmentation de densité de pièges à porteurs,
- en vue de minimiser les pertes électriques dans la couche de support de la structure, on modifie la densité de pièges à porteurs en réalisant avant le collage desdits premier et deuxième substrats un traitement de la région superficielle du deuxième substrat,
- ledit traitement de la région superficielle du deuxième substrat comprend une détérioration contrôlée de l'état de surface du deuxième substrat,
- en vue de minimiser les pertes électriques dans la couche de support de la structure, on modifie la charge dans la couche électriquement isolante en ajustant les caractéristiques d'une implantation réalisée dans ledit

- ladite couche isolante du premier substrat correspond à la couche isolante de la structure,
- en vue de minimiser les pertes électriques dans la couche de support de la structure, on modifie la densité de pièges à porteurs préalablement au collage dudit premier substrat et dudit deuxième substrat,
- en vue de minimiser les pertes électriques dans la couche de support de la structure, on modifie la densité de pièges à porteurs en intercalant entre lesdits deux substrats à coller une couche intermédiaire destinée à être en contact avec la couche de support du deuxième substrat, le matériau de ladite couche intermédiaire étant choisi de manière à favoriser, par son association avec le matériau de ladite couche de support, une augmentation de densité de pièges à porteurs,
- on dépose ladite couche intermédiaire sur ledit deuxième substrat, préalablement audit collage des premier et deuxième substrats,
- ladite couche de support est en silicium et le matériau de ladite couche intermédiaire est un oxyde nitruré,
- en vue de minimiser les pertes électriques dans la couche de support de la structure, on modifie la densité de pièges à porteurs en utilisant pour le collage desdits premier et deuxième substrats au moins un matériau permettant de favoriser, par son association avec le matériau de ladite couche de support, une augmentation de densité de pièges à porteurs,
- en vue de minimiser les pertes électriques dans la couche de support de la structure, on modifie la densité de pièges à porteurs en réalisant avant le collage desdits premier et deuxième substrats un traitement de la région superficielle du deuxième substrat,
- ledit traitement de la région superficielle du deuxième substrat comprend une détérioration contrôlée de l'état de surface du deuxième substrat,
- en vue de minimiser les pertes électriques dans la couche de support de la structure, on modifie la charge dans la couche électriquement isolante en ajustant les caractéristiques d'une implantation réalisée dans ledit

premier substrat préalablement au collage desdits premier et deuxième substrats,

- on ajuste les doses de ladite implantation pour modifier la charge dans la couche électriquement isolante,
- 5 ◦ ladite implantation correspond à une implantation de fragilisation d'un procédé de type SMARTCUT[®],
- en vue de minimiser les pertes électriques dans la couche de support de la structure, on modifie la charge dans la couche électriquement isolante en ajustant les paramètres d'une oxydation thermique réalisée sur ledit
- 10 premier substrat pour créer à sa surface la couche isolante de la structure,
- lesdits paramètres comprennent la température et/ou son évolution, la composition des gaz, le temps de recuit.,
- en vue de minimiser les pertes électriques dans la couche de support de
- 15 la structure, on modifie la charge dans la couche électriquement isolante en ajustant les paramètres d'un traitement thermique qui est appliqué à ladite structure une fois celle-ci constituée,
- on ajuste le budget thermique dudit traitement thermique de manière à diminuer la charge dans la couche électriquement isolante de la
- 20 structure,
- ladite structure est un SOI,
- le procédé met en œuvre les étapes d'un procédé de type SMARTCUT[®].

D'autres aspects, buts et avantages de l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description suivante de l'invention, faite en

25 référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est un graphe issu de simulations, illustrant pour différentes structures concernées par l'invention l'évolution d'un paramètre G_{EFF} représentatif des pertes associées à la structure, en fonction des différentes valeurs respectives de charge électrique de la couche
- 30 isolante pour ces différentes structures,

premier substrat préalablement au collage desdits premier et deuxième substrats,

- on ajuste les doses de ladite implantation pour modifier la charge dans la couche électriquement isolante,
- 5 • ladite implantation correspond à une implantation de fragilisation d'un procédé de type SMARTCUT[®],
- en vue de minimiser les pertes électriques dans la couche de support de la structure, on modifie la charge dans la couche électriquement isolante en ajustant les paramètres d'une oxydation thermique réalisée sur ledit
- 10 premier substrat pour créer à sa surface la couche isolante de la structure,
- lesdits paramètres comprennent la température et/ou son évolution, la composition des gaz, le temps de recuit.,
- en vue de minimiser les pertes électriques dans la couche de support de
- 15 la structure, on modifie la charge dans la couche électriquement isolante en ajustant les paramètres d'un traitement thermique qui est appliqué à ladite structure une fois celle-ci constituée,
- on ajuste le budget thermique dudit traitement thermique de manière à diminuer la charge dans la couche électriquement isolante de la
- 20 structure,
- ladite structure est un SOI,
- le procédé met en œuvre les étapes d'un procédé de type SMARTCUT[®].

D'autres aspects, buts et avantages de l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description suivante de l'invention, faite en

25 référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est un graphe issu de simulations, illustrant pour différentes structures concernées par l'invention l'évolution d'un paramètre G_{EFF} représentatif des pertes associées à la structure, en fonction des
- 30 différentes valeurs respectives de charge électrique de la couche isolante pour ces différentes structures,

- la figure 2 est un graphe du même type que celui de la figure 1, également issu de simulations, illustrant pour différentes structures concernées par l'invention l'évolution du même paramètre G_{EFF} représentatif des pertes associées à la structure, en fonction des différentes valeurs respectives de densité de pièges à porteurs à l'interface entre la couche isolante et la couche de support de ces structures,
- la figure 3 est un schéma illustrant le principe d'une méthode de mesure de pertes électriques dans une structure telle que les structures concernées par l'invention, ladite structure étant représentée en coupe, et le schéma comportant dans sa partie droite une représentation d'un circuit électrique équivalent,
- la figure 4 est un graphe issu de mesures expérimentales et illustrant l'influence, sur le niveau de pertes électriques mesurées pour une structure concernée par l'invention, d'une diminution de densité de pièges à porteurs à l'interface entre la couche isolante et la couche de support d'une structure concernée par l'invention,
- la figure 5 est un graphe du même type que celui de la figure 4, également issu de mesures expérimentales et illustrant l'influence sur le niveau de pertes électriques mesurées pour cette structure d'une modification de la charge dans la couche électriquement isolante d'une structure concernée par l'invention,
- la figure 6 illustre de manière schématique le collage de deux substrats pour la constitution d'une structure concernée par l'invention, au moins un des deux substrats ayant fait l'objet d'un traitement spécifique selon un des modes de mise en œuvre de l'invention, en vue de minimiser les pertes associées à la structure qui sera obtenue,
- la figure 7 représente les pertes mesurées en fonction de la fréquence, pour différentes structures présentant des valeurs différentes pour les paramètres Q_{BOX} et D_{it} .

- la figure 2 est un graphe du même type que celui de la figure 1, également issu de simulations, illustrant pour différentes structures concernées par l'invention l'évolution du même paramètre G_{EFF} représentatif des pertes associées à la structure, en fonction des différentes valeurs respectives de densité de pièges à porteurs à l'interface entre la couche isolante et la couche de support de ces structures,
- la figure 3 est un schéma illustrant le principe d'une méthode de mesure de pertes électriques dans une structure telle que les structures concernées par l'invention, ladite structure étant représentée en coupe, et le schéma comportant dans sa partie droite une représentation d'un circuit électrique équivalent,
- la figure 4 est un graphe issu de mesures expérimentales et illustrant l'influence, sur le niveau de pertes électriques mesurées pour une structure concernée par l'invention, d'une diminution de densité de pièges à porteurs à l'interface entre la couche isolante et la couche de support d'une structure concernée par l'invention,
- la figure 5 est un graphe du même type que celui de la figure 4, également issu de mesures expérimentales et illustrant l'influence sur le niveau de pertes électriques mesurées pour cette structure d'une modification de la charge dans la couche électriquement isolante d'une structure concernée par l'invention,
- la figure 6 illustre de manière schématique le collage de deux substrats pour la constitution d'une structure concernée par l'invention, au moins un des deux substrats ayant fait l'objet d'un traitement spécifique selon un des modes de mise en œuvre de l'invention, en vue de minimiser les pertes associées à la structure qui sera obtenue,
- la figure 7 représente les pertes mesurées en fonction de la fréquence, pour différentes structures présentant des valeurs différentes pour les paramètres Q_{BOX} et D_{it} .

On va maintenant décrire plusieurs variantes de mise en œuvre de l'invention, pour une structure multicouche telle que mentionnée en introduction de ce texte.

On précise que cette structure peut en particulier être de type SOI
5 (sans que ceci soit limitatif).

De manière générale, les structures concernées par l'invention sont typiquement des structures dans lesquelles la couche utile présente une résistivité électrique sensiblement inférieure à la résistivité de la couche de support de la structure.

10 On précise également que le procédé qui va être décrit peut être mis en œuvre dans le contexte plus général de la mise en œuvre d'un procédé de type SMARTCUT® pour la fabrication de la structure multicouche.

Cependant, il est tout à fait envisageable de mettre en œuvre le
15 procédé selon l'invention dans le contexte général de procédés de fabrication de structures multicouches différents du procédé SMARTCUT®.

Il est en particulier possible de mettre en œuvre le procédé dans le contexte général d'un procédé de fabrication d'une structure multicouche mettant en œuvre une étape de collage de deux substrats, et différent du
20 procédé SMARTCUT® (procédé de type ELTRAN par exemple, etc...).

Prenant donc comme illustration l'exemple d'une structure de type SOI, on modifie dans le cas de l'invention :

- la charge dans la couche électriquement isolante de la structure,
 - et/ou la densité de pièges à porteurs (typiquement à l'interface entre la
25 couche isolante et la couche de support de la structure),
- en vue de minimiser les pertes associées à cette structure.

Les demanderesses ont en effet déterminé, à l'issue de simulations et observations expérimentales, qu'il était possible de diminuer les pertes associées à la structure en :

- 30 ◦ diminuant la charge électrique dans la couche électriquement isolante de la structure. A cet égard, les demanderesses ont exploité la mise en

On va maintenant décrire plusieurs variantes de mise en œuvre de l'invention, pour une structure multicouche telle que mentionnée en introduction de ce texte.

On précise que cette structure peut en particulier être de type SOI (sans que ceci soit limitatif).

De manière générale, les structures concernées par l'invention sont typiquement des structures dans lesquelles la couche utile présente une résistivité électrique sensiblement inférieure à la résistivité de la couche de support de la structure.

On précise également que le procédé qui va être décrit peut être mis en œuvre dans le contexte plus général de la mise en œuvre d'un procédé de type SMARTCUT® pour la fabrication de la structure multicouche.

Cependant, il est tout à fait envisageable de mettre en œuvre le procédé selon l'invention dans le contexte général de procédés de fabrication de structures multicouches différents du procédé SMARTCUT®.

Il est en particulier possible de mettre en œuvre le procédé dans le contexte général d'un procédé de fabrication d'une structure multicouche mettant en œuvre une étape de collage de deux substrats, et différent du procédé SMARTCUT® (procédé de type ELTRAN par exemple, etc...).

Prenant donc comme illustration l'exemple d'une structure de type SOI, on modifie dans le cas de l'invention :

- la charge dans la couche électriquement isolante de la structure,
 - et/ou la densité de pièges à porteurs (typiquement à l'interface entre la couche isolante et la couche de support de la structure),
- en vue de minimiser les pertes associées à cette structure.

Les demandereses ont en effet déterminé, à l'issue de simulations et observations expérimentales, qu'il était possible de diminuer les pertes associées à la structure en :

- diminuant la charge électrique dans la couche électriquement isolante de la structure. A cet égard, les demandereses ont exploité la mise en

évidence de l'influence sur les pertes de la valeur du paramètre Q_{BOX} , qui correspond à la charge électrique associée à la couche isolante de la structure (c'est-à-dire la couche d'oxyde enterré dans le cas d'un SOI),

- et/ou augmentant la densité de pièges à porteurs, et ce plus particulièrement au niveau de l'interface entre la couche isolante de la structure et sa couche de support. A cet égard, les demandereses ont exploité la mise en évidence de l'influence sur les pertes de la valeur du paramètre D_{it} , qui correspond à la densité de pièges à porteurs.

La présente invention exploite en effet la mise en évidence des deux influences mentionnées ci-dessus, à propos des paramètres D_{it} et Q_{BOX} .

Et pour faire suite à cette mise en évidence, les demandereses ont effectué une série d'observations sur différentes structures du type mentionné ci-dessus et concerné par l'invention.

Ces observations ont ainsi porté sur différentes structures, auxquelles étaient associées différentes valeurs des paramètres D_{it} et Q_{BOX} , et pour lesquelles les pertes ont été mesurées.

Plus précisément, pour chacune de ces structures, les demandereses ont sélectivement modifié :

- d'une part, la charge électrique dans la couche isolante de la structure,
- d'autre part, la densité de porteurs à l'interface entre la couche isolante et la couche de support de la structure.

On reviendra par ailleurs sur les moyens permettant de réaliser ces modifications.

Préalablement à la présentation des résultats de simulations numériques et d'expériences menées par les demandereses, on va brièvement rappeler les principes mis en œuvre dans une méthode de mesure des pertes qui est exploitée dans le cadre de ces simulations et expériences.

Cette méthode de mesure de pertes est couramment appelée mesure de pertes par lignes coplanaires.

évidence de l'influence sur les pertes de la valeur du paramètre Q_{BOX} , qui correspond à la charge électrique associée à la couche isolante de la structure (c'est-à-dire la couche d'oxyde enterré dans le cas d'un SOI),

- et/ou augmentant la densité de pièges à porteurs, et ce plus particulièrement au niveau de l'interface entre la couche isolante de la structure et sa couche de support. A cet égard, les demanderesses ont exploité la mise en évidence de l'influence sur les pertes de la valeur du paramètre D_{it} , qui correspond à la densité de pièges à porteurs.

La présente invention exploite en effet la mise en évidence des deux influences mentionnées ci-dessus, à propos des paramètres D_{it} et Q_{BOX} .

Et pour faire suite à cette mise en évidence, les demanderesses ont effectué une série d'observations sur différentes structures du type mentionné ci-dessus et concerné par l'invention.

Ces observations ont ainsi porté sur différentes structures, auxquelles étaient associées différentes valeurs des paramètres D_{it} et Q_{BOX} , et pour lesquelles les pertes ont été mesurées.

Plus précisément, pour chacune de ces structures, les demanderesses ont sélectivement modifié :

- d'une part, la charge électrique dans la couche isolante de la structure,
- d'autre part, la densité de porteurs à l'interface entre la couche isolante et la couche de support de la structure.

On reviendra par ailleurs sur les moyens permettant de réaliser ces modifications.

Préalablement à la présentation des résultats de simulations numériques et d'expériences menées par les demanderesses, on va brièvement rappeler les principes mis en œuvre dans une méthode de mesure des pertes qui est exploitée dans le cadre de ces simulations et expériences.

Cette méthode de mesure de pertes est couramment appelée mesure de pertes par lignes coplanaires.

Elle permet de mesurer les pertes jusqu'à une certaine profondeur en fonction de l'épanouissement des champs électromagnétiques dans la couche de support. Cette profondeur dépend de l'espacement entre les conducteurs, de la fréquence, de la résistivité de la couche de support et de
5 l'épaisseur de l'oxyde.

Cette méthode de mesure met ainsi en œuvre les étapes suivantes pour chaque structure à caractériser :

- Préparation de la structure, par :
 - Gravure sélective de la couche utile de la structure, en arrêtant la
10 profondeur de gravure au niveau de la couche isolante d'oxyde enterré (on rappelle que les exemples développés dans cette description se rapportent à un SOI),
 - Dépôt métallique pleine plaque sur la structure, au-dessus de l'oxyde enterré avec un métal électriquement conducteur. On peut ainsi
15 déposer une épaisseur d'un micron d'aluminium,
 - Gravure sèche et sélective du métal déposé pour former des motifs de test, en l'occurrence des lignes métallisées conductrices parallèles (qui constituent des guides d'ondes),
- Application d'un signal électrique sur une des lignes métallisées. Ce
20 signal V_A consiste en la superposition d'une tension continue V_{DC} et d'une tension alternative V_{AC} de faible amplitude. Il est appliqué sur ladite ligne, et l'on peut modifier :
 - L'amplitude de la composante continue V_{DC} ,
 - La fréquence de la composante alternative V_{AC} ,
- Calcul des pertes (α = pertes dans les conducteurs α_{COND} + pertes dans
25 les couches situées en-dessous de la couche utile préalablement supprimée par gravure α_{SUB}), à partir des mesures des puissances émises, transmises et réfléchies aux extrémités du guide d'onde
 - α_{SUB} est extrait à partir de valeurs de α et d'une estimation de α_{COND}
30 qui est considéré comme fixe pour une fréquence donnée du signal appliqué.

Elle permet de mesurer les pertes jusqu'à une certaine profondeur en fonction de l'épanouissement des champs électromagnétiques dans la couche de support. Cette profondeur dépend de l'espacement entre les conducteurs, de la fréquence, de la résistivité de la couche de support et de l'épaisseur de l'oxyde.

Cette méthode de mesure met ainsi en œuvre les étapes suivantes pour chaque structure à caractériser :

- Préparation de la structure, par :
 - Gravure sélective de la couche utile de la structure, en arrêtant la profondeur de gravure au niveau de la couche isolante d'oxyde enterré (on rappelle que les exemples développés dans cette description se rapportent à un SOI),
 - Dépôt métallique pleine plaque sur la structure, au-dessus de l'oxyde enterré avec un métal électriquement conducteur. On peut ainsi déposer une épaisseur d'un micron d'aluminium,
 - Gravure sèche et sélective du métal déposé pour former des motifs de test, en l'occurrence des lignes métallisées conductrices parallèles (qui constituent des guides d'ondes),
- Application d'un signal électrique sur une des lignes métallisées. Ce signal V_A consiste en la superposition d'une tension continue V_{DC} et d'une tension alternative V_{AC} de faible amplitude. Il est appliqué sur ladite ligne, et l'on peut modifier :
 - L'amplitude de la composante continue V_{DC} ,
 - La fréquence de la composante alternative V_{AC} ,
- Calcul des pertes (α = pertes dans les conducteurs α_{COND} + pertes dans les couches situées en-dessous de la couche utile préalablement supprimée par gravure α_{SUB}), à partir des mesures des puissances émises, transmises et réfléchies aux extrémités du guide d'onde
 - α_{SUB} est extrait à partir de valeurs de α et d'une estimation de α_{COND} qui est considéré comme fixe pour une fréquence donnée du signal appliqué.

Le principe de cette méthode est illustré sur la figure 3, qui montre en particulier les guides d'onde créés dans différentes régions d'une structure dont on désire caractériser les pertes (on applique la tension V_A sur le conducteur central de chaque ligne coplanaire).

5 L'intérêt de superposer une composante continue à la composante alternative lors des mesures est la mise en évidence de l'effet considérable sur les pertes d'une couche faiblement résistive présente sous l'interface isolant/couche de support dans les structures concernées par l'invention.

10 Comme cela sera expliqué plus en détail dans la suite de ce texte, cette couche faiblement résistive est générée par l'application de la composante continue sous le conducteur central des guides d'onde.

Elle est également fortement influencée par les paramètres Q_{BOX} et D_{it} . C'est donc par la concentration en porteurs et le volume global de la couche (déterminée en particulier par son épaisseur) de cette couche faiblement résistive que l'effet de Q_{BOX} et D_{it} se fait ressentir sur les pertes.

15 Les pertes mesurées lors de la mise en œuvre de cette méthode permettent l'extraction d'une résistivité effective de la structure (cette résistivité effective étant directement liée aux pertes).

20 Comme on l'a dit et comme cela va être illustré en détail, les demandereses exploitent dans le cadre de l'invention la mise en évidence de l'influence de :

- la charge de la couche isolante d'oxyde enterré Q_{BOX} ,
 - la densité de pièges à porteurs D_{it} ,
- sur les pertes de la structure.

25 Les simulations dont les résultats sont illustrés sur les figures 1 et 2 mettent ainsi en évidence l'influence respective des paramètres Q_{BOX} (figure 1) et D_{it} (figure 2) sur les pertes associées à une structure concernée par l'invention.

30 Les courbes de ces deux figures sont issues d'un modèle de simulation permettant de calculer la conductance linéique parallèle (G_{EFF}) de guides d'onde coplanaires réalisés sur une structure.

Le principe de cette méthode est illustré sur la figure 3, qui montre en particulier les guides d'onde créés dans différentes régions d'une structure dont on désire caractériser les pertes (on applique la tension V_A sur le conducteur central de chaque ligne coplanaire).

5 L'intérêt de superposer une composante continue à la composante alternative lors des mesures est la mise en évidence de l'effet considérable sur les pertes d'une couche faiblement résistive présente sous l'interface isolant/couche de support dans les structures concernées par l'invention.

10 Comme cela sera expliqué plus en détail dans la suite de ce texte, cette couche faiblement résistive est générée par l'application de la composante continue sous le conducteur central des guides d'onde.

Elle est également fortement influencée par les paramètres Q_{BOX} et D_{it} . C'est donc par la concentration en porteurs et le volume global de la couche (déterminée en particulier par son épaisseur) de cette couche
15 faiblement résistive que l'effet de Q_{BOX} et D_{it} se fait ressentir sur les pertes.

Les pertes mesurées lors de la mise en œuvre de cette méthode permettent l'extraction d'une résistivité effective de la structure (cette résistivité effective étant directement liée aux pertes).

20 Comme on l'a dit et comme cela va être illustré en détail, les demandereses exploitent dans le cadre de l'invention la mise en évidence de l'influence de :

- la charge de la couche isolante d'oxyde enterré Q_{BOX} ,
- la densité de pièges à porteurs D_{it} ,

sur les pertes de la structure.

25 Les simulations dont les résultats sont illustrés sur les figures 1 et 2 mettent ainsi en évidence l'influence respective des paramètres Q_{BOX} (figure 1) et D_{it} (figure 2) sur les pertes associées à une structure concernée par l'invention.

30 Les courbes de ces deux figures sont issues d'un modèle de simulation permettant de calculer la conductance linéique parallèle (G_{EFF}) de guides d'onde coplanaires réalisés sur une structure.

En référence à la figure 3 (dans la partie droite de laquelle un circuit équivalent est représenté), les pertes α_{SUB} associées à la couche de support dans les structures sont directement proportionnelles à G_{EFF} à hautes fréquences.

5 En effet, les pertes α_{SUB} sont égales à $[0.5 * G_{\text{EFF}} * (L_{\text{eff}} / C_{\text{eff}})^{0.5}]$, L_{eff} et C_{eff} correspondant respectivement à l'inductance et à la capacité linéiques effectives de la structure coplanaire représentée sur la figure 3.

 Pour une structure donnée, plus la valeur du paramètre G_{EFF} est importante, plus les pertes associées à la structure sont donc importantes
10 (et inversement).

 Le modèle utilisé est mis en œuvre par le logiciel Atlas (marque déposée) de la société Silvaco. Ce modèle permet de prendre en compte les différents paramètres dimensionnels du guide d'onde coplanaire :

- Géométrie des lignes métallisées formées sur la structure pour la
15 mesure de pertes,
- épaisseur de la couche d'oxyde enterré (couche isolante) de la structure,
- tension V_A appliquée sur les lignes métallisées, (prise en compte de la tension de polarisation et de la fréquence).

 En outre, ce modèle prend en compte les paramètres D_{it} et Q_{BOX}
20 dans le calcul de G_{EFF} .

 La figure 1 représente quatre courbes 11, 12, 13, 14, correspondant à quatre structures différentes associées à quatre valeurs différentes du paramètre Q_{BOX} .

 Chacune de ces courbes illustre l'évolution relative, par rapport à
25 un point de référence, des pertes de la structure (via le paramètre G_{EFF} , qui est comme on l'a vu directement lié aux pertes), en fonction d'une tension V_A qui serait appliquée à un conducteur de la structure dans le cadre de la méthode de mesure de pertes décrite ci-dessus.

 Le point de référence est fixé à la valeur de G_{EFF} obtenue pour V_{DC}
30 $= Q_{\text{BOX}} = D_{\text{it}} = 0$.

En référence à la figure 3, on a représenté des guides d'onde coplanaires réalisés sur une structure, et un circuit distribué équivalent (dans la partie droite de la figure).

L'exposant de propagation γ associé au guide d'onde coplaire est de la forme

$$\gamma = (\alpha_{\text{cond}} + \alpha_{\text{sub}}) + j\beta = \sqrt{(R_{\text{eff}} + j\omega L_{\text{eff}})(G_{\text{eff}} + j\omega C_{\text{eff}})}$$

- 5 Les pertes α_{SUB} associées à la couche de support dans les structures sont directement proportionnelles à G_{EFF} à hautes fréquences.

En effet, les pertes α_{SUB} sont égales à $[0.5 * G_{\text{EFF}} * (L_{\text{eff}} / C_{\text{eff}})^{0.5}]$, L_{eff} et C_{eff} correspondant respectivement à l'inductance et à la capacité linéiques effectives de la structure coplaire représentée sur la figure 3.

- 10 Pour une structure donnée, plus la valeur du paramètre G_{EFF} est importante, plus les pertes associées à la structure sont donc importantes (et inversement).

Le modèle utilisé est mis en œuvre par le logiciel Atlas (marque déposée) de la société Silvaco. Ce modèle permet de prendre en compte les différents paramètres dimensionnels du guide d'onde coplaire :

- 15
- Géométrie des lignes métallisées formées sur la structure pour la mesure de pertes,
 - épaisseur de la couche d'oxyde enterré (couche isolante) de la structure,
 - tension V_A appliquée sur les lignes métallisées, (prise en compte de la tension de polarisation et de la fréquence).

- 20 En outre, ce modèle prend en compte les paramètres D_{it} et Q_{BOX} dans le calcul de G_{EFF} .

La figure 1 représente quatre courbes 11, 12, 13, 14, correspondant à quatre structures différentes associées à quatre valeurs différentes du paramètre Q_{BOX} .

- 25 Chacune de ces courbes illustre l'évolution relative, par rapport à un point de référence, des pertes de la structure (via le paramètre G_{EFF} , qui est comme on l'a vu directement lié aux pertes), en fonction d'une tension V_A qui serait appliquée à un conducteur de la structure dans le cadre de la méthode de mesure de pertes décrite ci-dessus.

Le point de référence est fixé à la valeur de G_{EFF} obtenue pour $V_{\text{DC}} = Q_{\text{BOX}} = D_{\text{it}} = 0$.

La courbe 11 correspond à une structure dont la valeur de Q_{BOX} est nulle.

Les courbes 12, 13 et 14 correspondent quant à elles à trois structures dont les couches isolantes présentent des valeurs respectives de Q_{BOX} non nulles, allant croissant de la structure de la courbe 12 à la structure de la courbe 14 (pour laquelle la charge de la couche isolante vaut 10^{11} cm^{-2}).

La flèche de cette figure traduit l'augmentation de Q_{BOX} entre les structures des différentes courbes.

Cette figure illustre qu'une augmentation de la valeur de Q_{BOX} entraîne une augmentation des pertes de la structure.

On peut tenter d'expliquer cette influence du paramètre Q_{BOX} , et donc de la charge de la couche électriquement isolante, de la manière suivante.

Cette charge est une charge positive, qui a donc tendance à attirer à l'interface entre la couche isolante et la couche de support (très résistive) des charges mobiles négatives (électrons).

Ces électrons s'accumulent en surnombre à ladite interface y forment alors une couche superficielle peu résistive, qui augmente donc les pertes globales dans la couche de support.

Lors de la mise en œuvre de la méthode de mesure de pertes mentionnée ci-dessus, en appliquant sur le conducteur central une tension V_A légèrement négative, on ne fait que repousser temporairement ces électrons sous le conducteur central, qui s'éloignent alors de l'interface : cette partie de l'interface devient alors plus résistive et les pertes mesurées diminuent.

Si maintenant on fait encore diminuer la valeur de V_A , les charges mobiles positives vont à leur tour être attirées vers l'interface et diminuer ainsi localement sa résistivité.

C'est donc alors pour une tension V_{OPT} négative que la perte est minimale. Ce décalage de minimum de pertes est illustré sur la figure 1.

La courbe 11 correspond à une structure dont la valeur de Q_{BOX} est nulle.

Les courbes 12, 13 et 14 correspondent quant à elles à trois structures dont les couches isolantes présentent des valeurs respectives de Q_{BOX} non nulles, allant croissant de la structure de la courbe 12 à la structure de la courbe 14 (pour laquelle la charge de la couche isolante vaut 10^{11} cm^{-2}).

La flèche de cette figure traduit l'augmentation de Q_{BOX} entre les structures des différentes courbes.

Cette figure illustre qu'une augmentation de la valeur de Q_{BOX} entraîne une augmentation des pertes de la structure.

On peut tenter d'expliquer cette influence du paramètre Q_{BOX} , et donc de la charge de la couche électriquement isolante, de la manière suivante.

Cette charge est une charge positive, qui a donc tendance à attirer à l'interface entre la couche isolante et la couche de support (très résistive) des charges mobiles négatives (électrons).

Ces électrons s'accumulent en surabondance à ladite interface y forment alors une couche superficielle peu résistive, qui augmente donc les pertes globales dans la couche de support.

Lors de la mise en œuvre de la méthode de mesure de pertes mentionnée ci-dessus, en appliquant sur le conducteur central une tension V_A légèrement négative, on ne fait que repousser temporairement ces électrons sous le conducteur central, qui s'éloignent alors de l'interface : cette partie de l'interface devient alors plus résistive et les pertes mesurées diminuent.

Si maintenant on fait encore diminuer la valeur de V_A , les charges mobiles positives vont à leur tour être attirées vers l'interface et diminuer ainsi localement sa résistivité.

C'est donc alors pour une tension V_{OPT} négative que la perte est minimale. Ce décalage de minimum de pertes est illustré sur la figure 1.

Plus la valeur de Q_{BOX} est importante, plus la valeur de V_{OPT} va ainsi se décaler vers les valeurs négatives.

De même, pour une valeur importante de Q_{BOX} , la présence des électrons à l'interface entre la couche isolante d'oxyde enterré et la couche de support entraîne une augmentation des pertes (même à V_{OPT} , qui est la tension pour laquelle les électrons attirés comme décrit ci-dessus à l'interface isolant/couche de support ne sont pas présents sous le conducteur central auquel est appliqué la tension V_A , mais le sont dans les autres endroits de l'interface).

Une augmentation de la valeur de Q_{BOX} entre deux structures identiques par ailleurs induit donc, comme cela est visible sur la figure 1, une augmentation des pertes et un décalage vers les potentiels négatifs de la valeur V_{OPT} de V_A pour laquelle les pertes sont minimales.

La figure 2 représente de la même manière trois courbes 21, 22, 23, correspondant à trois structures différentes.

Chaque structure est associée à une valeur différente de D_{it} , au niveau de l'interface entre sa couche électriquement isolante et sa couche de support.

Chacune de ces trois courbes présente un minimum au voisinage de l'abscisse 0 volt (correspondant donc à des valeurs V_{OPT} sensiblement identiques).

La courbe 21 correspond à une structure associée à une valeur nulle du D_{it} .

Les courbes 22 à 24 correspondent quant à elles à des structures présentant un D_{it} non nul et croissant (de la courbe 22 à la courbe 24), le D_{it} associé à la structure de la courbe 24 étant de $10^{12} \text{ \#}/\text{cm}^2/\text{eV}$.

Les deux flèches situées de part et d'autre du minimum des trois courbes traduisent cet accroissement de D_{it} entre les trois structures.

On constate qu'une augmentation de D_{it} diminue les pertes associées à la structure.

Plus la valeur de Q_{BOX} est importante, plus la valeur de V_{OPT} va ainsi se décaler vers les valeurs négatives.

De même, pour une valeur importante de Q_{BOX} , la présence des électrons à l'interface entre la couche isolante d'oxyde enterré et la couche de support entraîne une augmentation des pertes (même à V_{OPT} , qui est la tension pour laquelle les électrons attirés comme décrit ci-dessus à l'interface isolant/couche de support ne sont pas présents sous le conducteur central auquel est appliqué la tension V_A , mais le sont dans les autres endroits de l'interface).

Une augmentation de la valeur de Q_{BOX} entre deux structures identiques par ailleurs induit donc, comme cela est visible sur la figure 1, une augmentation des pertes et un décalage vers les potentiels négatifs de la valeur V_{OPT} de V_A pour laquelle les pertes sont minimales.

La figure 2 représente de la même manière trois courbes 21, 22, 23, correspondant à trois structures différentes.

Chaque structure est associée à une valeur différente de D_{it} , au niveau de l'interface entre sa couche électriquement isolante et sa couche de support.

Chacune de ces trois courbes présente un minimum au voisinage de l'abscisse 0 volt (correspondant donc à des valeurs V_{OPT} sensiblement identiques).

La courbe 21 correspond à une structure associée à une valeur nulle du D_{it} .

Les courbes 22 à 24 correspondent quant à elles à des structures présentant un D_{it} non nul et croissant (de la courbe 22 à la courbe 24), le D_{it} associé à la structure de la courbe 24 étant de $10^{12} \text{ \#}/\text{cm}^2/\text{eV}$.

Les deux flèches situées de part et d'autre du minimum des trois courbes traduisent cet accroissement de D_{it} entre les trois structures.

On constate qu'une augmentation de D_{it} diminue les pertes associées à la structure.

On constate également qu'une augmentation de D_{it} diminue l'influence de la composante continue de la tension constante V_{DC} appliquée sur la ligne métallisée centrale de la structure.

On peut tenter d'expliquer cette influence du paramètre D_{it} sur les
5 pertes de la manière suivante.

Ce paramètre caractérise la densité à l'interface entre l'isolant et la couche de support de la structure de pièges tels que des aspérités, des contaminants, ou tout autre piège apte à piéger une charge mobile, positive ou négative (électron, ou trou – c'est à dire une place vacante dans le
10 réseau cristallin du matériau).

Une densité importante à cette interface va avoir tendance à aller à l'encontre de l'influence mentionnée ci-dessus à propos de l'effet de l'augmentation de la charge de la couche isolante.

En effet, une densité importante entraîne l'absorption d'une partie
15 des électrons venus former la couche superficielle, qui est amassée à ladite interface et qui a pour effet de diminuer la résistivité (et donc d'augmenter les pertes) de la structure.

Plus la densité est importante, plus cet effet – qui tend donc à diminuer les pertes – est important.

Par ailleurs, l'effet de la tension V_A qui attire à ladite interface des
20 électrons ou des charges positives, selon le signe de cette tension, est atténué par une densité de pièges à porteurs plus importante : dans ce cas en effet, une partie des charges mobiles attirées vers l'interface par la tension V_A sont piégées, et ainsi neutralisées de sorte qu'elles n'influent pas
25 sur les pertes.

On remarquera que l'effet d'une augmentation de densité de pièges à porteurs s'applique ainsi de la même manière pour des tensions V_A positives, ou négatives.

Le graphe de la figure 4 illustre l'effet d'une variation du paramètre
30 D_{it} sur les pertes α .

On constate également qu'une augmentation de D_{it} diminue l'influence de la composante continue de la tension constante V_{DC} appliquée sur la ligne métallisée centrale de la structure.

On peut tenter d'expliquer cette influence du paramètre D_{it} sur les
5 pertes de la manière suivante.

Ce paramètre caractérise la densité à l'interface entre l'isolant et la couche de support de la structure de pièges tels que des aspérités, des contaminants, ou tout autre piège apte à piéger une charge mobile, positive ou négative (électron, ou trou – c'est à dire une place vacante dans le
10 réseau cristallin du matériau).

Une densité importante à cette interface va avoir tendance à aller à l'encontre de l'influence mentionnée ci-dessus à propos de l'effet de l'augmentation de la charge de la couche isolante.

En effet, une densité importante entraîne l'absorption d'une partie
15 des électrons venus former la couche superficielle, qui est amassée à ladite interface et qui a pour effet de diminuer la résistivité (et donc d'augmenter les pertes) de la structure.

Plus la densité est importante, plus cet effet – qui tend donc à diminuer les pertes – est important.

20 Par ailleurs, l'effet de la tension V_A qui attire à ladite interface des électrons ou des charges positives, selon le signe de cette tension, est atténué par une densité de pièges à porteurs plus importante : dans ce cas en effet, une partie des charges mobiles attirées vers l'interface par la tension V_A sont piégées, et ainsi neutralisées de sorte qu'elles n'influent pas
25 sur les pertes.

On remarquera que l'effet d'une augmentation de densité de pièges à porteurs s'applique ainsi de la même manière pour des tensions V_A positives, ou négatives.

Le graphe de la figure 4 illustre l'effet d'une variation du paramètre
30 D_{it} sur les pertes α .

Ce graphe comprend deux courbes, correspondant à deux structures différentes :

- Une structure SOI obtenue par les demanderessees sans traitement particulier (à l'issue d'un procédé de type SMARTCUT®), (en ligne pleine, courbe 41),
- Une structure similaire ayant subi un traitement spécifique visant à diminuer la valeur du paramètre D_{it} à l'interface entre la couche isolante d'oxyde enterré et la couche de support de la structure (ligne en pointillés, courbe 42). Ce traitement peut être un recuit sous un mélange composé de 5% d'hydrogène et 95% d'azote, à une température de l'ordre de 432°C, pendant 30 min.

On précise qu'on reviendra dans la suite de ce texte sur le traitement particulier permettant d'obtenir cette diminution du paramètre D_{it} .

La figure 4 illustre ainsi qu'une diminution du D_{it} à l'interface entre la couche isolante et la couche de support de la structure augmente les pertes à travers la structure.

La figure 5 illustre de manière correspondante l'influence d'une modification de la valeur de Q_{Box} sur les pertes α .

La figure 5 représente ainsi l'évolution des pertes en fonction de la tension constante appliquée lors de la caractérisation de ces pertes, pour deux structures différentes :

- Une structure présentant un Q_{Box} faible, par exemple de l'ordre de $1.5 \cdot 10^{10} \text{cm}^{-2}$ (courbe 51, qui correspond à un SOI obtenu de manière connue en soi par un procédé SMARTCUT®),
- Et une structure présentant un Q_{Box} plus important, de l'ordre de $6 \cdot 10^{10} \text{cm}^{-2}$ (courbe 52, qui correspond à une tranche Si Haute Résistivité oxydée dans un four contenant un contaminant – par exemple un contaminant métallique).

On constate qu'une augmentation du paramètre Q_{Box} entraîne comme déjà mentionné ci-dessus une augmentation des pertes.

Ce graphe comprend deux courbes, correspondant à deux structures différentes :

- Une structure SOI obtenue par les demanderessees sans traitement particulier (à l'issue d'un procédé de type SMARTCUT®), (en ligne pleine, courbe 41),
- Une structure similaire ayant subi un traitement spécifique visant à diminuer la valeur du paramètre D_{it} à l'interface entre la couche isolante d'oxyde enterré et la couche de support de la structure (ligne en pointillés, courbe 42). Ce traitement peut être un recuit sous un mélange composé de 5% d'hydrogène et 95% d'azote, à une température de l'ordre de 432°C, pendant 30 min.

On précise qu'on reviendra dans la suite de ce texte sur le traitement particulier permettant d'obtenir cette diminution du paramètre D_{it} .

La figure 4 illustre ainsi qu'une diminution du D_{it} à l'interface entre la couche isolante et la couche de support de la structure augmente les pertes à travers la structure.

La figure 5 illustre de manière correspondante l'influence d'une modification de la valeur de Q_{BOX} sur les pertes α .

La figure 5 représente ainsi l'évolution des pertes en fonction de la tension constante appliquée lors de la caractérisation de ces pertes, pour deux structures différentes :

- Une structure présentant un Q_{BOX} faible, par exemple de l'ordre de $1.5 \cdot 10^{10} \text{cm}^{-2}$ (courbe 51, qui correspond à un SOI obtenu de manière connue en soi par un procédé SMARTCUT®),
- Et une structure présentant un Q_{BOX} plus important, de l'ordre de $6 \cdot 10^{10} \text{cm}^{-2}$ (courbe 52, qui correspond à une tranche Si Haute Résistivité oxydée dans un four contenant un contaminant – par exemple un contaminant métallique).

On constate qu'une augmentation du paramètre Q_{BOX} entraîne comme déjà mentionné ci-dessus une augmentation des pertes.

On précise que le niveau de D_{it} n'a pas été modifié entre les structures correspondant respectivement aux courbes 51 et 52.

Les courbes de la figure 7 représentent l'évolution des pertes pour $V_{DC} = 0$ V, en fonction de la fréquence, pour trois structures SOI obtenues par un procédé de type SMARTCUT® et présentant des valeurs de Q_{BOX} et de D_{it} différentes.

Le tableau ci-dessous donne les valeurs de Q_{BOX} et de D_{it} pour chacune de ces trois structures SL1, SL2, SH1.

Nom de la tranche	Q_{BOX} [# / cm ²]	D_{it} [# / cm ² / eV]
SL1	$\sim 1^{e10}$	Négligeable
SL2	$\sim 1^{e10}$	$\sim 1^{e11}$
SH1	$\sim 1^{e10}$ avec $Q_{BOX,SH1} > Q_{BOX,SL1}$	Négligeable

10

Les courbes en pointillés correspondent aux pertes simulées de guides d'onde coplanaires réalisés sur des structures identiques, à l'exception de la résistivité ρ_{eff} des couches de support de ces structures respectives qui varient de 100 $\Omega \cdot cm$ (courbe la plus haute) à 5000 $\Omega \cdot cm$ (courbe la plus basse – les valeurs de résistivité des couches de support croissant dans le sens de la flèche).

La figure montre que plus cette résistivité ρ_{eff} est élevée, plus les pertes théoriques sont faibles.

On notera que ces pertes théoriques regroupent à la fois les pertes associées aux conducteurs métalliques des lignes (correspondant à la courbe la plus basse de la figure 7, en traits continus) et les pertes dans la couche de support.

On remarque sur la figure 7 que la structure présentant une valeur de D_{it} la plus élevée est celle qui présente les pertes les plus faibles. Les pertes de cette structure correspondent à une résistivité effective de l'ordre de 4000 $\Omega \cdot cm$, ce qui rend les pertes associées à la couche de support négligeables par rapport aux pertes associées aux conducteurs métalliques

On précise que le niveau de D_{it} n'a pas été modifié entre les structures correspondant respectivement aux courbes 51 et 52.

Les courbes de la figure 7 représentent l'évolution des pertes pour $V_{DC} = 0$ V, en fonction de la fréquence, pour trois structures SOI obtenues par un procédé de type SMARTCUT® et présentant des valeurs de Q_{BOX} et de D_{it} différentes.

Le tableau ci-dessous donne les valeurs de Q_{BOX} et de D_{it} pour chacune de ces trois structures SL1, SL2, SH1.

Nom de la tranche	Q_{BOX} [#/cm ²]	D_{it} [#/cm ² /eV]
SL1	$\sim 1^{e10}$	Négligeable
SL2	$\sim 1^{e10}$	$\sim 1^{e11}$
SH1	$\sim 1^{e10}$ avec $Q_{BOX,SH1} > Q_{BOX,SL1}$	Négligeable

10

Les courbes en pointillés correspondent aux pertes simulées de guides d'onde coplanaires réalisés sur des structures identiques, à l'exception de la résistivité ρ_{eff} des couches de support de ces structures respectives qui varient de 100 $\Omega \cdot cm$ (courbe la plus haute) à 5000 $\Omega \cdot cm$ (courbe la plus basse – les valeurs de résistivité des couches de support croissant dans le sens de la flèche).

15

La figure montre que plus cette résistivité ρ_{eff} est élevée, plus les pertes théoriques sont faibles.

20

On notera que ces pertes théoriques regroupent à la fois les pertes associées aux conducteurs métalliques des lignes (correspondant à la courbe la plus basse de la figure 7, en traits continus) et les pertes dans la couche de support.

25

On remarque sur la figure 7 que la structure présentant une valeur de D_{it} la plus élevée est celle qui présente les pertes les plus faibles. Les pertes de cette structure correspondent à une résistivité effective de l'ordre de 4000 $\Omega \cdot cm$, ce qui rend les pertes associées à la couche de support négligeables par rapport aux pertes associées aux conducteurs métalliques

(les pertes totales α étant égales à la somme des pertes α_{COND} et α_{SUB} , lorsque α_{SUB} tend vers 0, α devient équivalent à α_{COND}).

Les structures présentant des valeurs de Q_{BOX} faibles mais des valeurs de D_{it} négligeables présentent quant à elles des pertes
5 correspondant à des valeurs de résistivité de la couche de support de seulement 300 et 500 $\Omega\cdot\text{cm}$.

Dans le cadre de l'invention, on modifie ainsi une valeur de densité de pièges à porteurs et/ou une valeur de charges dans la couche électriquement isolante d'une structure concernée par l'invention, en vue de
10 maximiser la résistivité électrique de cette structure.

Comme on l'a dit, l'invention peut être mise en œuvre dans le contexte du collage d'un premier substrat (comprenant la couche utile de la structure), et d'un deuxième substrat (comprenant la couche de support de la structure).

15 Dans ce cas, le premier substrat qui comprend la couche utile de la structure peut également comprendre la couche isolante de la structure.

Il est possible de procéder préalablement à un tel collage à la modification de la densité de pièges à porteurs pour augmenter cette densité, ce qui entraînera comme on l'a vu ci-dessus une diminution des
20 pertes associées à la structure.

A cet effet, plusieurs variantes (mises en œuvre seules ou en combinaison) peuvent être envisagées :

- Modification de la densité de pièges à porteurs en intercalant entre les deux substrats à coller une couche intermédiaire destinée à être en
25 contact avec la couche de support du deuxième substrat, le matériau de ladite couche intermédiaire étant choisi de manière à favoriser, par son association avec le matériau de la couche de support, une augmentation de densité de pièges à porteurs,

- Dans ce cas, on peut déposer ladite couche intermédiaire sur le
30 deuxième substrat, préalablement au collage,

(les pertes totales α étant égales à la somme des pertes α_{COND} et α_{SUB} , lorsque α_{SUB} tend vers 0, α devient équivalent à α_{COND}).

Les structures présentant des valeurs de Q_{BOX} faibles mais des valeurs de D_{it} négligeables présentent quant à elles des pertes
5 correspondant à des valeurs de résistivité de la couche de support de seulement 300 et 500 $\Omega \cdot \text{cm}$.

Dans le cadre de l'invention, on modifie ainsi une valeur de densité de pièges à porteurs et/ou une valeur de charges dans la couche électriquement isolante d'une structure concernée par l'invention, en vue de
10 maximiser la résistivité électrique de cette structure.

Comme on l'a dit, l'invention peut être mise en œuvre dans le contexte du collage d'un premier substrat (comprenant la couche utile de la structure), et d'un deuxième substrat (comprenant la couche de support de la structure).

15 Dans ce cas, le premier substrat qui comprend la couche utile de la structure peut également comprendre la couche isolante de la structure.

Il est possible de procéder préalablement à un tel collage à la modification de la densité de pièges à porteurs pour augmenter cette densité, ce qui entraînera comme on l'a vu ci-dessus une diminution des
20 pertes associées à la structure.

A cet effet, plusieurs variantes (mises en œuvre seules ou en combinaison) peuvent être envisagées :

- Modification de la densité de pièges à porteurs en intercalant entre les deux substrats à coller une couche intermédiaire destinée à être en
25 contact avec la couche de support du deuxième substrat, le matériau de ladite couche intermédiaire étant choisi de manière à favoriser, par son association avec le matériau de la couche de support, une augmentation de densité de pièges à porteurs,
- Dans ce cas, on peut déposer ladite couche intermédiaire sur le
30 deuxième substrat, préalablement au collage,

- Et dans une application de l'invention, la couche de support peut être en silicium et le matériau de la couche intermédiaire peut être un oxyde nitruré,
 - Modification de la densité de pièges à porteurs en utilisant pour le collage desdits premier et deuxième substrats au moins un matériau permettant de favoriser, par son association avec le matériau de la couche de support, une augmentation de densité de pièges à porteurs,
 - Modification de la densité de pièges à porteurs en réalisant avant le collage desdits premier et deuxième substrats un traitement de la région superficielle du deuxième substrat,
 - Un tel traitement de la région superficielle du deuxième substrat peut en particulier comprendre une détérioration contrôlée de l'état de surface de ce deuxième substrat (détérioration de sa rugosité, par gravure).
- Par ailleurs, toujours dans le cadre de la mise en œuvre de l'invention en combinaison avec un collage tel que mentionné ci-dessus, on peut modifier la charge dans la couche électriquement isolante de la structure de manière à la diminuer, selon plusieurs variantes (ici encore mises en œuvre seules ou en combinaison) :
- Modification de la charge en ajustant les caractéristiques d'une implantation réalisée dans ledit premier substrat préalablement au collage,
 - Dans ce cas, on ajustera de préférence les doses de l'implantation pour modifier la valeur de charge dans la couche électriquement isolante,
 - Cette implantation peut en outre correspondre à l'étape d'implantation de fragilisation d'un procédé de type SMARTCUT®. Dans ce cas, le premier substrat peut être un substrat de silicium monocristallin dont la surface a été oxydée, avant de recevoir l'implantation au travers de cette surface oxydée, et le deuxième substrat correspond au support ou raidisseur destiné à être collé ledit

- Et dans une application de l'invention, la couche de support peut être en silicium et le matériau de la couche intermédiaire peut être un oxyde nitruré,
- Modification de la densité de pièges à porteurs en utilisant pour le collage desdits premier et deuxième substrats au moins un matériau permettant de favoriser, par son association avec le matériau de la couche de support, une augmentation de densité de pièges à porteurs,
- Modification de la densité de pièges à porteurs en réalisant avant le collage desdits premier et deuxième substrats un traitement de la région superficielle du deuxième substrat,
- Un tel traitement de la région superficielle du deuxième substrat peut en particulier comprendre une détérioration contrôlée de l'état de surface de ce deuxième substrat (détérioration de sa rugosité, par gravure).
- Par ailleurs, toujours dans le cadre de la mise en œuvre de l'invention en combinaison avec un collage tel que mentionné ci-dessus, on peut modifier la charge dans la couche électriquement isolante de la structure de manière à la diminuer, selon plusieurs variantes (ici encore mises en œuvre seules ou en combinaison) :
- Modification de la charge en ajustant les caractéristiques d'une implantation réalisée dans ledit premier substrat préalablement au collage,
- Dans ce cas, on ajustera de préférence les doses de l'implantation pour modifier la valeur de charge dans la couche électriquement isolante,
- Cette implantation peut en outre correspondre à l'étape d'implantation de fragilisation d'un procédé de type SMARTCUT®. Dans ce cas, le premier substrat peut être un substrat de silicium monocristallin dont la surface a été oxydée, avant de recevoir l'implantation au travers de cette surface oxydée, et le deuxième substrat correspond au support ou raidisseur destiné à être collé ledit

premier substrat – ce premier substrat faisant ensuite l'objet d'un détachement au niveau de la zone de fragilisation définie en son épaisseur par l'étape d'implantation, pour aboutir à la structure multicouche désirée,

- 5 • Modification de la charge dans la couche électriquement isolante en ajustant les paramètres d'une oxydation thermique réalisée sur le premier substrat avant le collage, pour créer à sa surface la couche isolante de la structure,
 - Les paramètres sur lesquels on agit comprennent en particulier la
 - 10 température (en valeur absolue) et/ou son évolution (en particulier caractéristiques de rampe de montée en température), la composition des gaz, le temps de recuit,
 - Ici encore, ladite oxydation thermique peut correspondre à l'étape de création d'une couche d'oxyde d'un procédé de type SMARTCUT®.

15 Enfin, il est également possible de modifier la charge dans la couche électriquement isolante de la structure en ajustant les paramètres d'un traitement thermique qui est appliqué à ladite structure, une fois celle-ci constituée. Dans ce cas, il est indifférent qu'on ait procédé préalablement à un collage de deux substrats ou non.

20 Et dans une telle variante d'ajustement de la charge de la couche électriquement isolante de la structure, on ajuste le budget thermique dudit traitement thermique de manière à diminuer autant que possible la charge dans cette couche isolante.

25 La figure 6 illustre l'étape de collage de deux substrats A et B mentionnés ci-dessus, dans le cas où le substrat A a fait l'objet d'une oxydation (pour créer en particulier une couche A1 d'oxyde superficiel) et une implantation (pour créer une zone de fragilisation A2 définissant dans l'épaisseur du substrat A une couche utile A3).

30 Le substrat B correspond à la couche de support de la structure finale que l'on désire obtenir.

premier substrat – ce premier substrat faisant ensuite l'objet d'un détachement au niveau de la zone de fragilisation définie en son épaisseur par l'étape d'implantation, pour aboutir à la structure multicouche désirée,

- 5 • Modification de la charge dans la couche électriquement isolante en ajustant les paramètres d'une oxydation thermique réalisée sur le premier substrat avant le collage, pour créer à sa surface la couche isolante de la structure,

- 10 > Les paramètres sur lesquels on agit comprennent en particulier la température (en valeur absolue) et/ou son évolution (en particulier caractéristiques de rampe de montée en température), la composition des gaz, le temps de recuit,
- > Ici encore, ladite oxydation thermique peut correspondre à l'étape de création d'une couche d'oxyde d'un procédé de type SMARTCUT®.

15 Enfin, il est également possible de modifier la charge dans la couche électriquement isolante de la structure en ajustant les paramètres d'un traitement thermique qui est appliqué à ladite structure, une fois celle-ci constituée. Dans ce cas, il est indifférent qu'on ait procédé préalablement à un collage de deux substrats ou non.

20 Et dans une telle variante d'ajustement de la charge de la couche électriquement isolante de la structure, on ajuste le budget thermique dudit traitement thermique de manière à diminuer autant que possible la charge dans cette couche isolante.

25 La figure 6 illustre l'étape de collage de deux substrats A et B mentionnés ci-dessus, dans le cas où le substrat A a fait l'objet d'une oxydation (pour créer en particulier une couche A1 d'oxyde superficiel) et une implantation (pour créer une zone de fragilisation A2 définissant dans l'épaisseur du substrat A une couche utile A3).

30 Le substrat B correspond à la couche de support de la structure finale que l'on désire obtenir.

Ce cas de figure correspond en particulier à la mise en œuvre de l'invention dans le cadre d'un procédé de type SMARTCUT®.

Ce cas de figure correspond en particulier à la mise en œuvre de l'invention dans le cadre d'un procédé de type SMARTCUT®.

REVENDEICATIONS

5

1. Procédé de fabrication d'une structure multicouche réalisée à partir de matériaux semiconducteurs et comportant une couche utile, une couche de support et une couche électriquement isolante entre la couche utile et la couche de support, caractérisé en ce que le procédé comprend la modification de la densité de pièges à porteurs et/ou de la charge électrique dans la couche électriquement isolante, en vue de minimiser les pertes électriques dans la couche de support de la structure.

10

2. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ladite modification vise à augmenter la densité de pièges à porteurs au niveau de l'interface entre la couche isolante de la structure et la couche de support de la structure.

15

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que ladite modification vise à diminuer la charge électrique dans la couche électriquement isolante de la structure.

20

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la couche utile est choisie de manière à présenter une résistivité sensiblement inférieure à la résistivité de la couche de support.

25

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le procédé comprend le collage d'un premier substrat

30

REVENDICATIONS

5

10

15

20

25

30

1. Procédé de fabrication d'une structure multicouche réalisée à partir de matériaux semiconducteurs et comportant une couche utile, une couche de support et une couche électriquement isolante entre la couche utile et la couche de support, caractérisé en ce que le procédé comprend la modification de la densité de pièges à porteurs et/ou de la charge électrique dans la couche électriquement isolante, en vue de minimiser les pertes électriques dans la couche de support de la structure.
2. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ladite modification vise à augmenter la densité de pièges à porteurs au niveau de l'interface entre la couche isolante de la structure et la couche de support de la structure.
3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que ladite modification vise à diminuer la charge électrique dans la couche électriquement isolante de la structure.
4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la couche utile est choisie de manière à présenter une résistivité sensiblement inférieure à la résistivité de la couche de support.
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le procédé comprend le collage d'un premier substrat

comprenant la couche utile de la structure et d'un deuxième substrat comprenant la couche de support de la structure.

- 5 6. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ledit premier substrat comprend une couche isolante.
- 10 7. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ladite couche isolante du premier substrat correspond à la couche isolante de la structure.
- 15 8. Procédé selon l'une des trois revendications précédentes, caractérisé en ce qu'en vue de minimiser les pertes électriques dans la couche de support de la structure, on modifie la densité de pièges à porteurs préalablement au collage dudit premier substrat et dudit deuxième substrat.
- 20 9. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'en vue de minimiser les pertes électriques dans la couche de support de la structure, on modifie la densité de pièges à porteurs en intercalant entre lesdits deux substrats à coller une couche intermédiaire destinée à être en contact avec la couche de support du deuxième substrat, le matériau de ladite couche intermédiaire étant choisi de manière à favoriser, par son association avec le matériau de ladite couche de support, une
- 25 augmentation de densité de pièges à porteurs.
- 30 10. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'on dépose ladite couche intermédiaire sur ledit deuxième substrat, préalablement audit collage des premier et deuxième substrats.

comprenant la couche utile de la structure et d'un deuxième substrat comprenant la couche de support de la structure.

5 6. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ledit premier substrat comprend une couche isolante.

7. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ladite couche isolante du premier substrat correspond à la couche isolante de la structure.

10

8. Procédé selon l'une des trois revendications précédentes, caractérisé en ce qu'en vue de minimiser les pertes électriques dans la couche de support de la structure, on modifie la densité de pièges à porteurs préalablement au collage dudit premier substrat et dudit deuxième substrat.

15

9. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'en vue de minimiser les pertes électriques dans la couche de support de la structure, on modifie la densité de pièges à porteurs en intercalant entre lesdits deux substrats à coller une couche intermédiaire destinée à être en contact avec la couche de support du deuxième substrat, le matériau de ladite couche intermédiaire étant choisi de manière à favoriser, par son association avec le matériau de ladite couche de support, une augmentation de densité de pièges à porteurs.

20

25

10. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'on dépose ladite couche intermédiaire sur ledit deuxième substrat, préalablement audit collage des premier et deuxième substrats.

30

11. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ladite couche de support est en silicium et le matériau de ladite couche intermédiaire est un oxyde nitruré.
- 5 12. Procédé selon l'une des quatre revendications précédentes, caractérisé en ce qu'en vue de minimiser les pertes électriques dans la couche de support de la structure, on modifie la densité de pièges à porteurs en utilisant pour le collage desdits premier et
10 deuxième substrats au moins un matériau permettant de favoriser, par son association avec le matériau de ladite couche de support, une augmentation de densité de pièges à porteurs.
13. Procédé selon l'une des cinq revendications précédentes, caractérisé en ce qu'en vue de minimiser les pertes électriques
15 dans la couche de support de la structure, on modifie la densité de pièges à porteurs en réalisant avant le collage desdits premier et deuxième substrats un traitement de la région superficielle du deuxième substrat.
- 20 14. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ledit traitement de la région superficielle du deuxième substrat comprend une détérioration contrôlée de l'état de surface du deuxième substrat.
- 25 15. Procédé selon l'une des sept revendications précédentes, caractérisé en ce qu'en vue de minimiser les pertes électriques dans la couche de support de la structure, on modifie la charge dans la couche électriquement isolante en ajustant les caractéristiques d'une implantation réalisée dans ledit premier
30 substrat préalablement au collage desdits premier et deuxième substrats.

11. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ladite couche de support est en silicium et le matériau de ladite couche intermédiaire est un oxyde nitruré.
- 5 12. Procédé selon l'une des quatre revendications précédentes, caractérisé en ce qu'en vue de minimiser les pertes électriques dans la couche de support de la structure, on modifie la densité de pièges à porteurs en utilisant pour le collage desdits premier et
10 deuxième substrats au moins un matériau permettant de favoriser, par son association avec le matériau de ladite couche de support, une augmentation de densité de pièges à porteurs.
13. Procédé selon l'une des cinq revendications précédentes, caractérisé en ce qu'en vue de minimiser les pertes électriques
15 dans la couche de support de la structure, on modifie la densité de pièges à porteurs en réalisant avant le collage desdits premier et deuxième substrats un traitement de la région superficielle du deuxième substrat.
- 20 14. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ledit traitement de la région superficielle du deuxième substrat comprend une détérioration contrôlée de l'état de surface du deuxième substrat.
- 25 15. Procédé selon l'une des sept revendications précédentes, caractérisé en ce qu'en vue de minimiser les pertes électriques dans la couche de support de la structure, on modifie la charge dans la couche électriquement isolante en ajustant les
30 caractéristiques d'une implantation réalisée dans ledit premier substrat préalablement au collage desdits premier et deuxième substrats.

16. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'on ajuste les doses de ladite implantation pour modifier la charge dans la couche électriquement isolante.
5
17. Procédé selon l'une des deux revendications précédentes, caractérisé en ce que ladite implantation correspond à une implantation de fragilisation d'un procédé de type SMARTCUT®.
- 10 18. Procédé selon l'une des dix revendications précédentes, caractérisé en ce qu'en vue de minimiser les pertes électriques dans la couche de support de la structure, on modifie la charge dans la couche électriquement isolante en ajustant les paramètres d'une oxydation thermique réalisée sur ledit premier
15 substrat pour créer à sa surface la couche isolante de la structure.
19. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que lesdits paramètres comprennent la température et/ou son
20 évolution, la composition des gaz, le temps de recuit.
20. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'en vue de minimiser les pertes électriques dans la couche de support de la structure, on modifie la charge dans la
25 couche électriquement isolante en ajustant les paramètres d'un traitement thermique qui est appliqué à ladite structure une fois celle-ci constituée.
21. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce
30 qu'on ajuste le budget thermique dudit traitement thermique de

16. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'on ajuste les doses de ladite implantation pour modifier la charge dans la couche électriquement isolante.
17. Procédé selon l'une des deux revendications précédentes, caractérisé en ce que ladite implantation correspond à une implantation de fragilisation d'un procédé de type SMARTCUT®.
18. Procédé selon l'une des dix revendications précédentes, caractérisé en ce qu'en vue de minimiser les pertes électriques dans la couche de support de la structure, on modifie la charge dans la couche électriquement isolante en ajustant les paramètres d'une oxydation thermique réalisée sur ledit premier substrat pour créer à sa surface la couche isolante de la structure.
19. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que lesdits paramètres comprennent la température et/ou son évolution, la composition des gaz, le temps de recuit.
20. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'en vue de minimiser les pertes électriques dans la couche de support de la structure, on modifie la charge dans la couche électriquement isolante en ajustant les paramètres d'un traitement thermique qui est appliqué à ladite structure une fois celle-ci constituée.
21. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'on ajuste le budget thermique dudit traitement thermique de

manière à diminuer la charge dans la couche électriquement isolante de la structure.

5 22. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que ladite structure est un SOI.

23. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le procédé met en œuvre les étapes d'un procédé de type SMARTCUT®.

manière à diminuer la charge dans la couche électriquement isolante de la structure.

5

22. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que ladite structure est un SOI.

23. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le procédé met en œuvre les étapes d'un procédé de type SMARTCUT®.

1/4

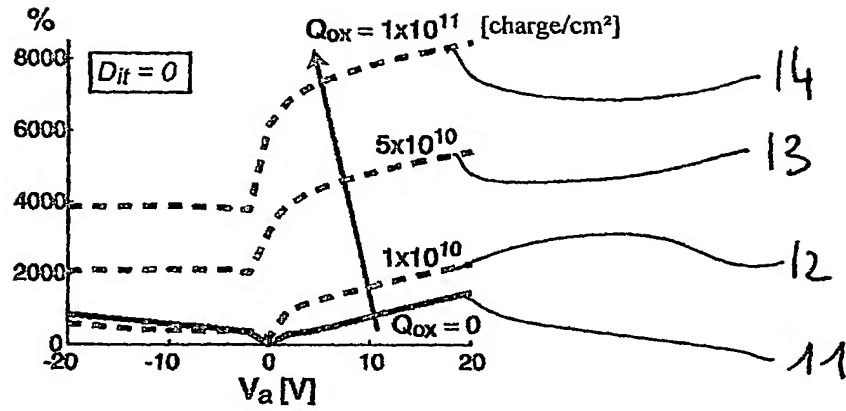


Figure 1 : Evolution relative de G_{EFF} par rapport au point de référence pour des structures à Q_{BOX} croissant.

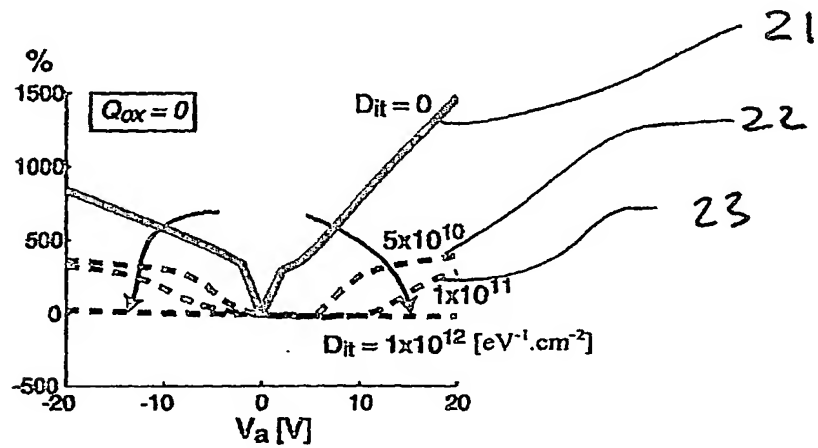


Figure 2 : Evolution relative de G_{EFF} par rapport au point de référence pour des structures à Q_{BOX} croissant.

1 / 4

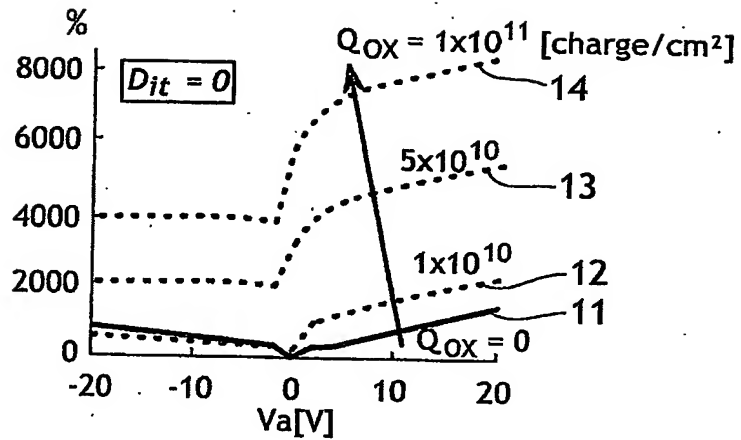


FIG.1

Evolution relative de G_{EFF} par rapport au point de référence pour des structures à Q_{BOX} croissant.

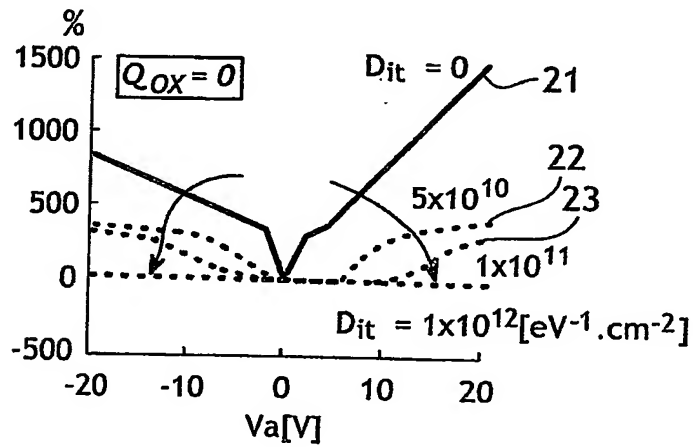


FIG.2

Evolution relative de G_{EFF} par rapport au point de référence pour des structures à Q_{BOX} croissant.

2/4

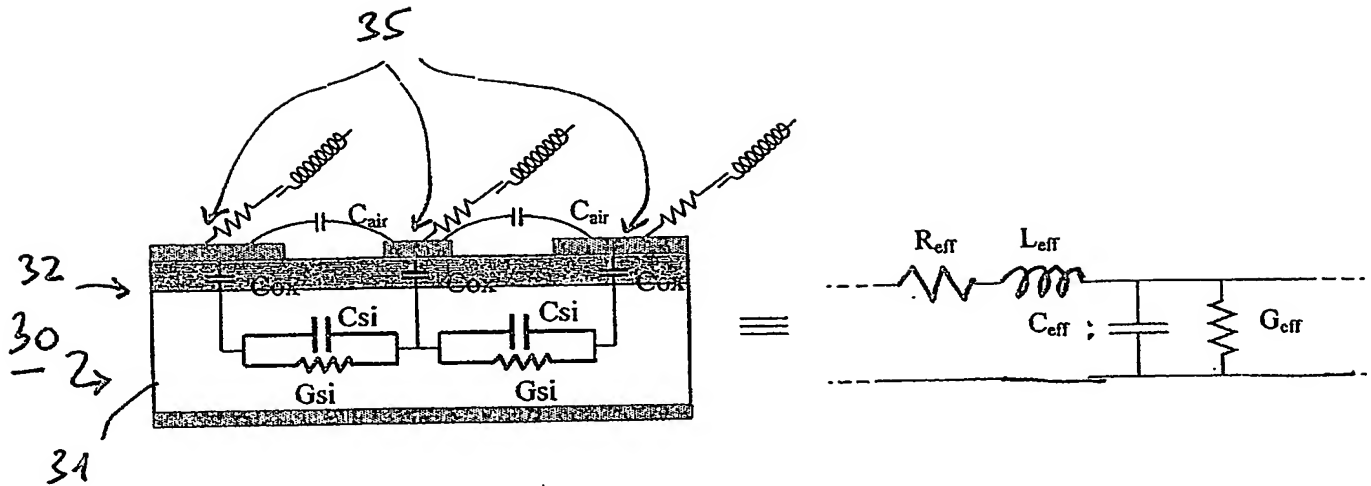


Figure 3 : Guides d'onde coplanaires réalisés sur une structure et circuit distribué équivalent.

$$\gamma = (\alpha_{cond} + \alpha_{sub}) + j\beta = \sqrt{(R_{eff} + j\omega L_{eff})(G_{eff} + j\omega C_{eff})}$$

$$\alpha_{sub, max} \approx \frac{G_{eff}}{2} \sqrt{\frac{L_{eff}}{C_{eff}}}$$

Exposant de propagation (γ) associé au guide d'onde coplaire de la Figure 3 et pertes ($\alpha_{sub, max}$) hautes fréquences dans la structure.

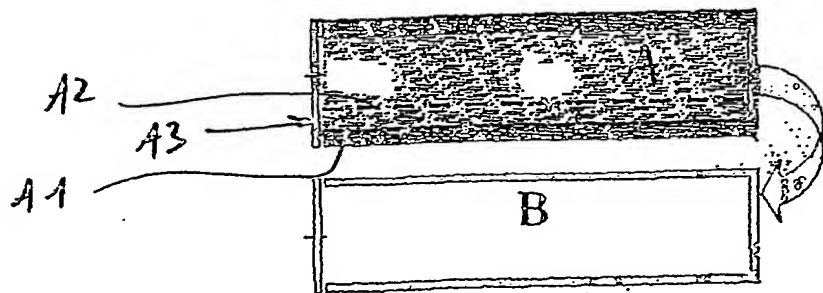


fig-6

2/4

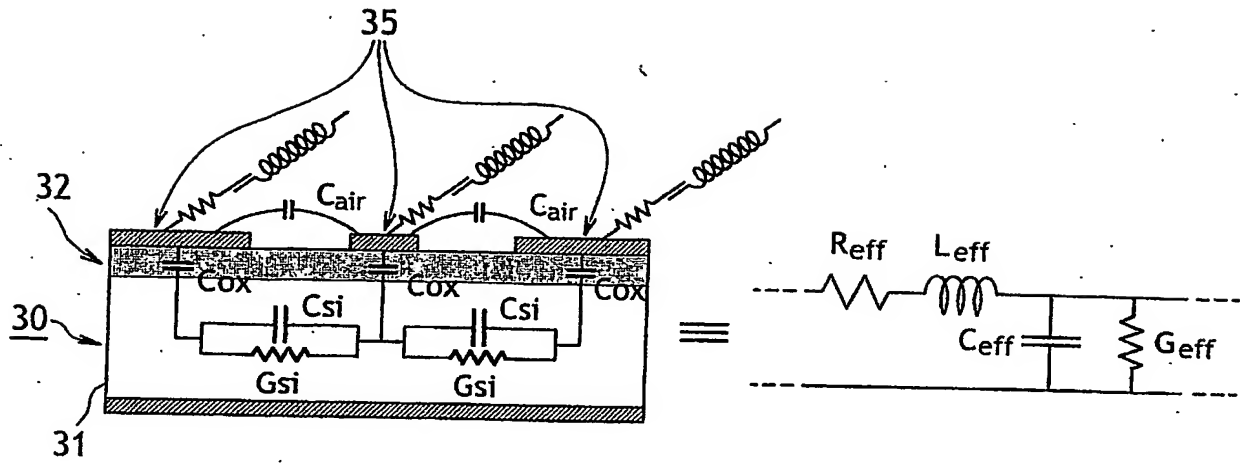


FIG. 3

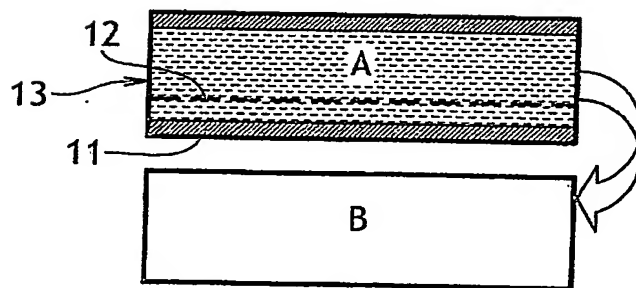


FIG. 6

3/4

MOUILLON 18 24/07

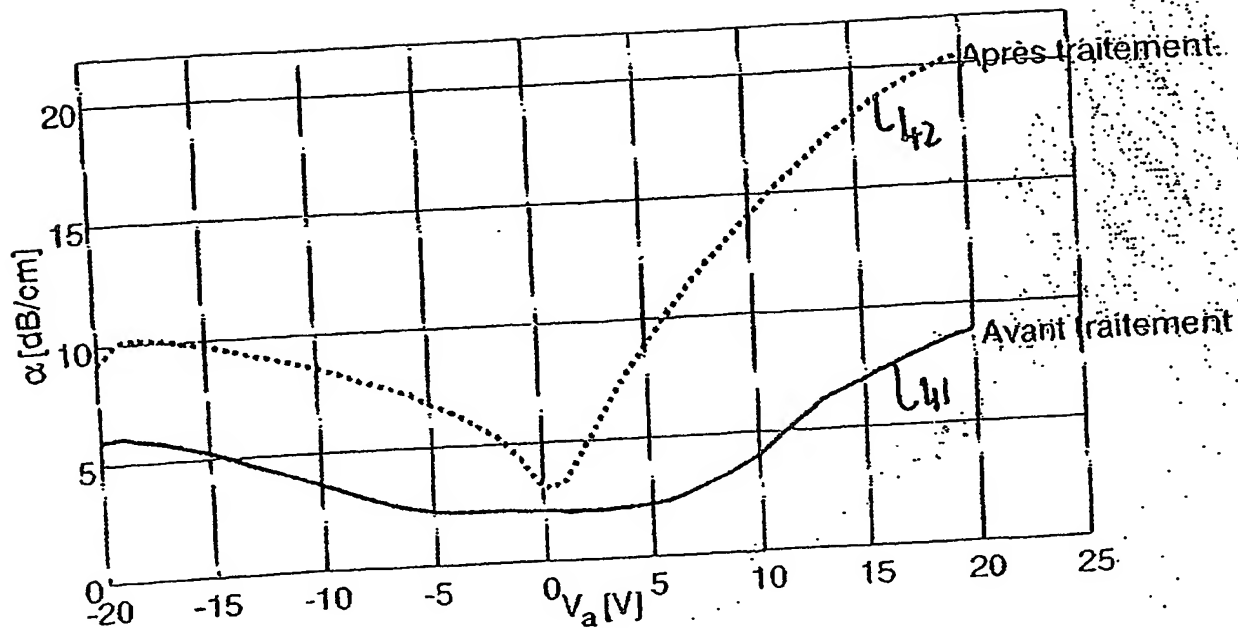


fig 4

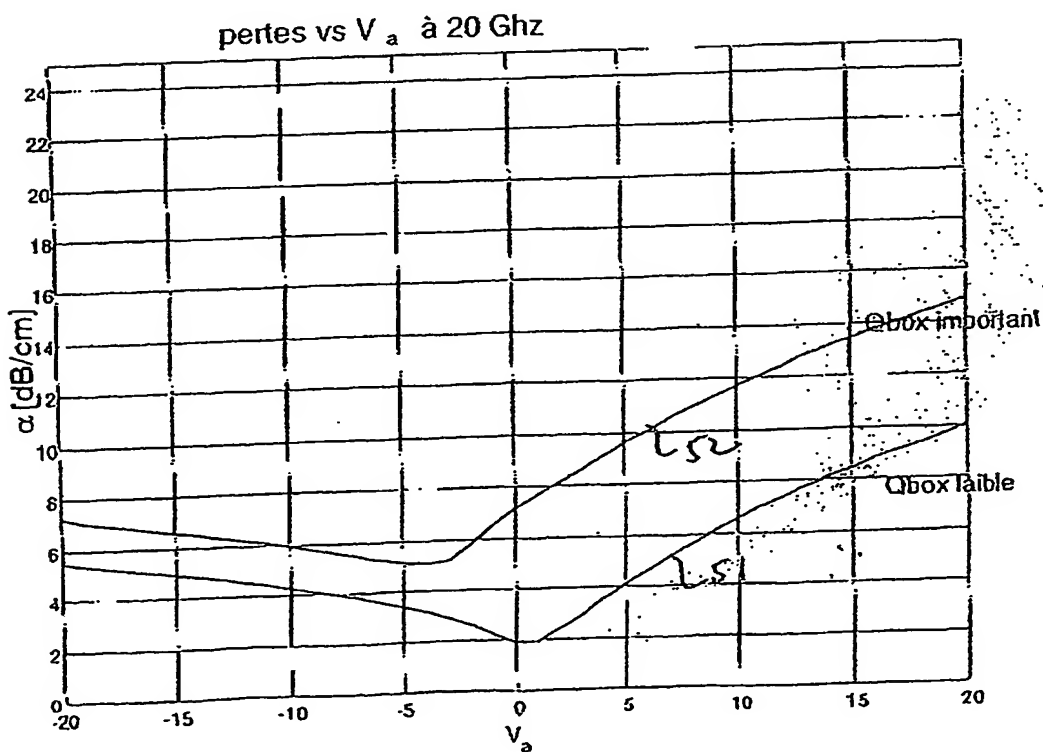
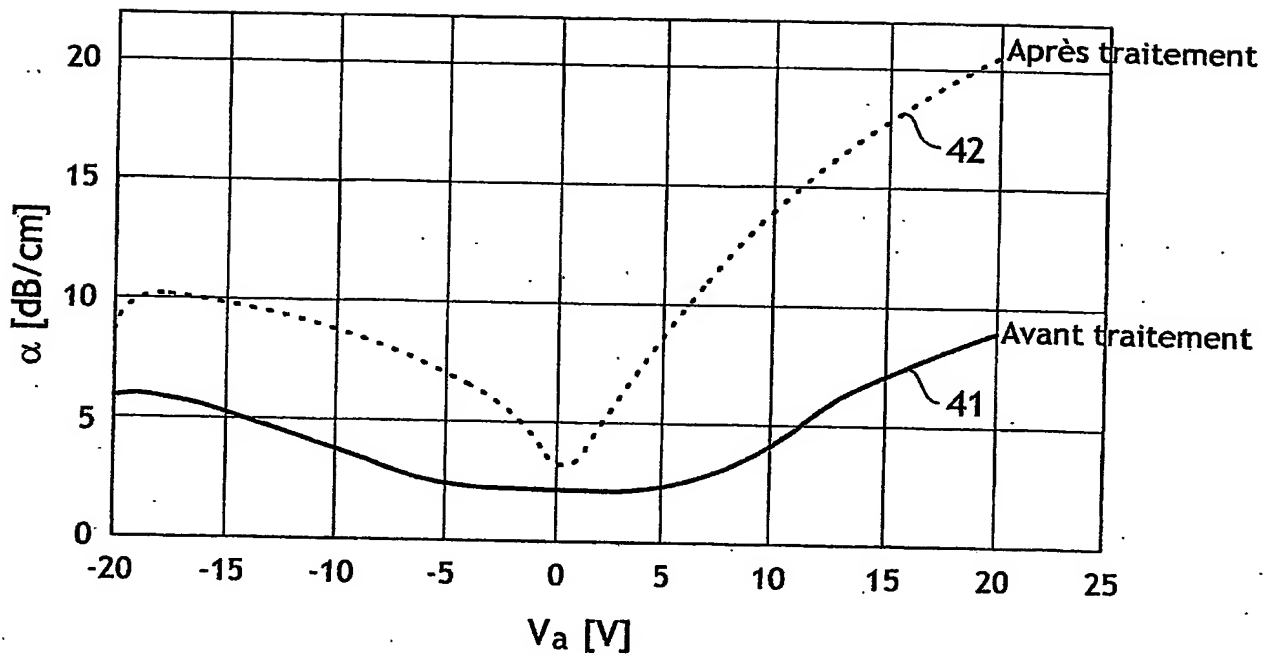
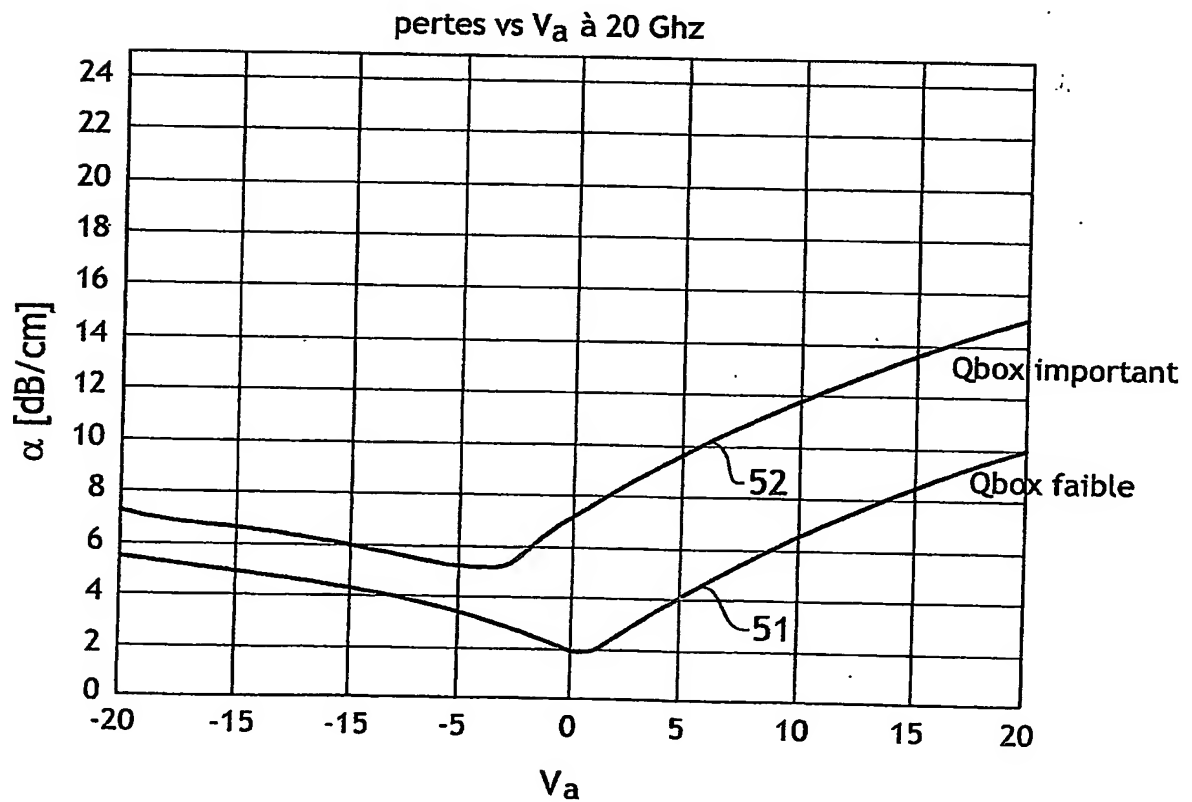


fig 5

3/4

FIG.4FIG.5

3/4

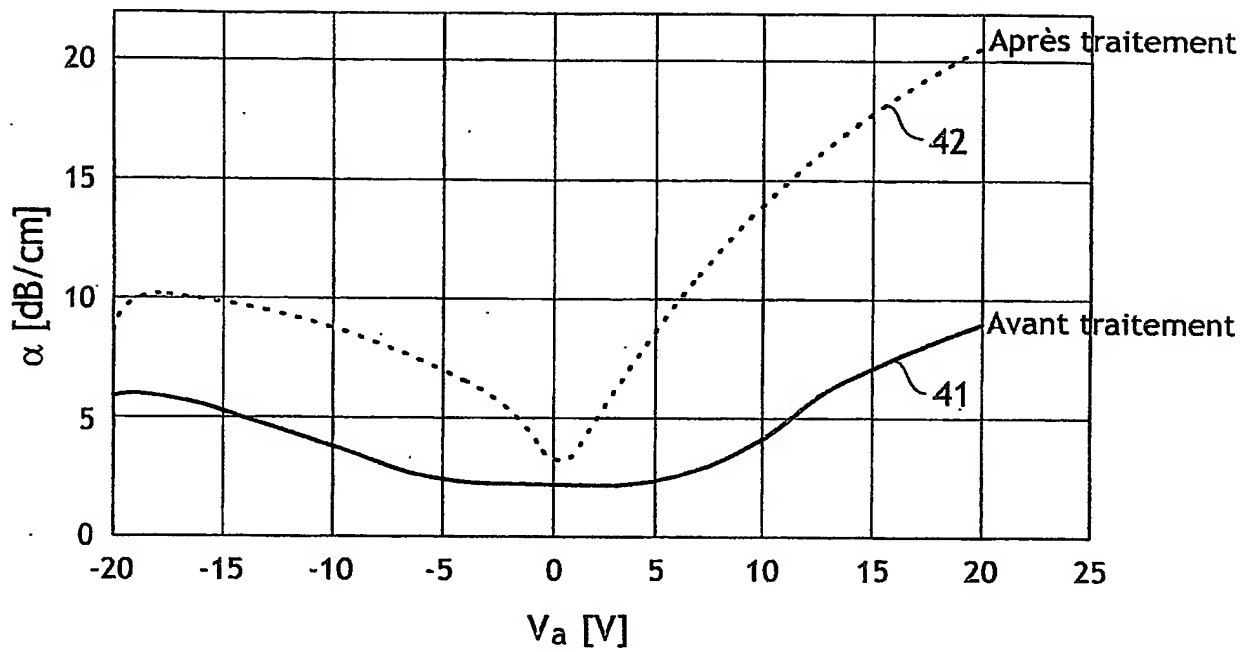


FIG.4

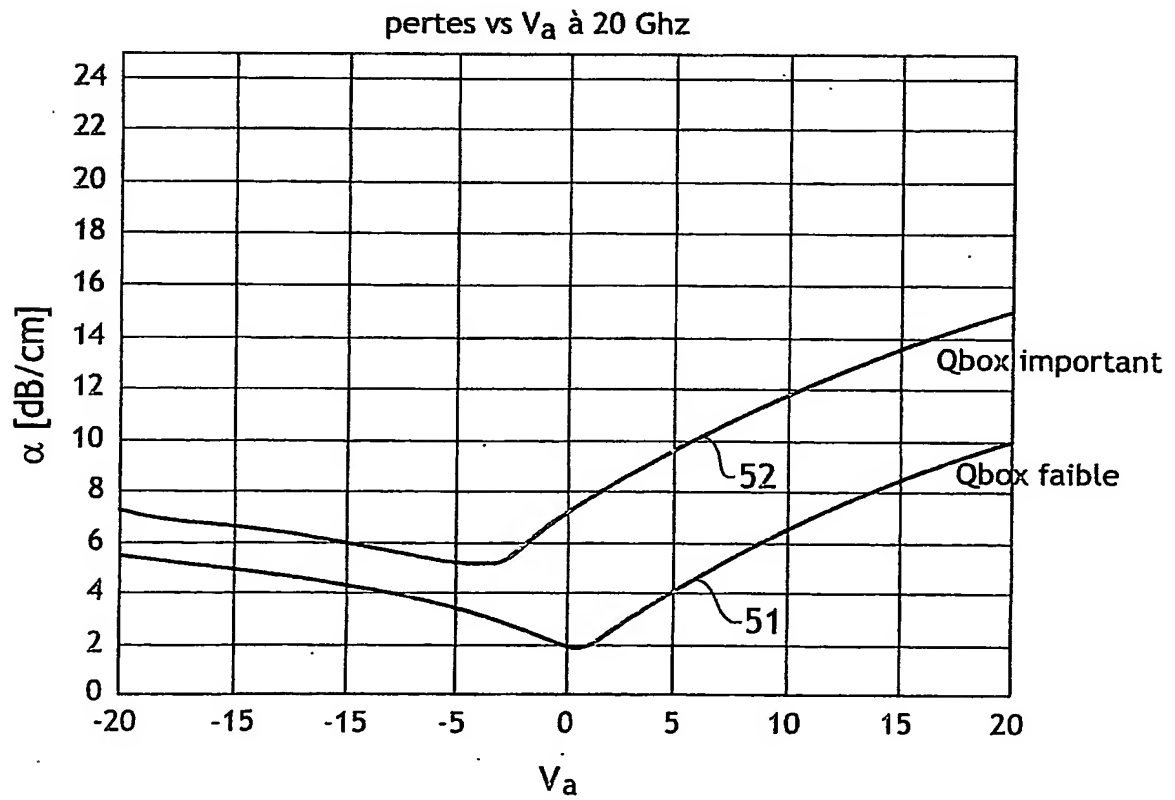


FIG.5

4/4

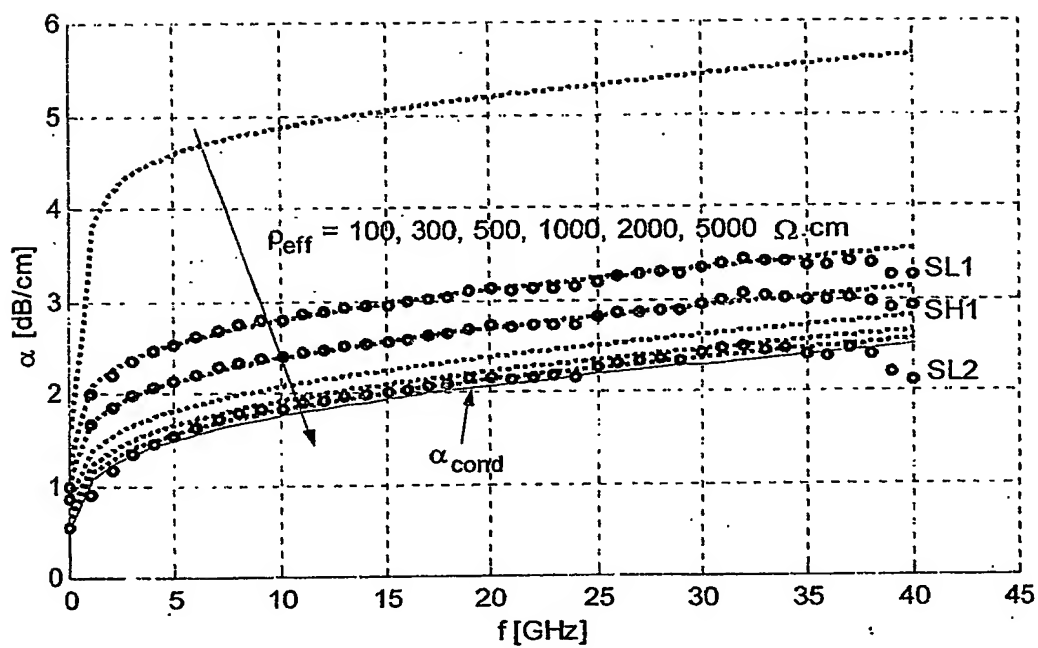
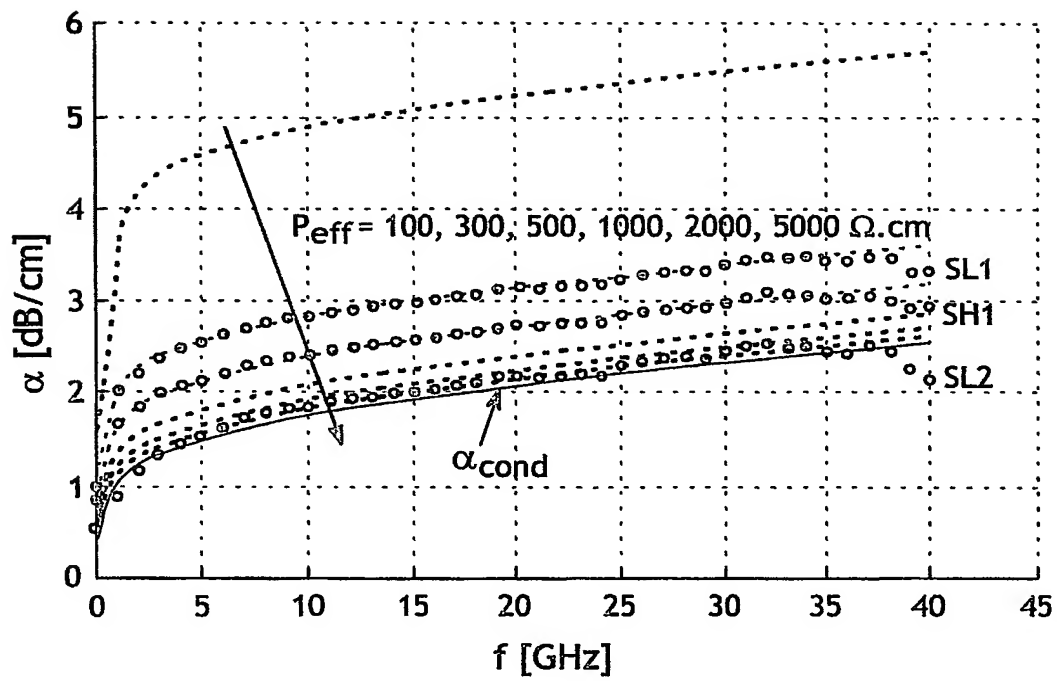


Figure 7

4 / 4

FIG.7

4 / 4

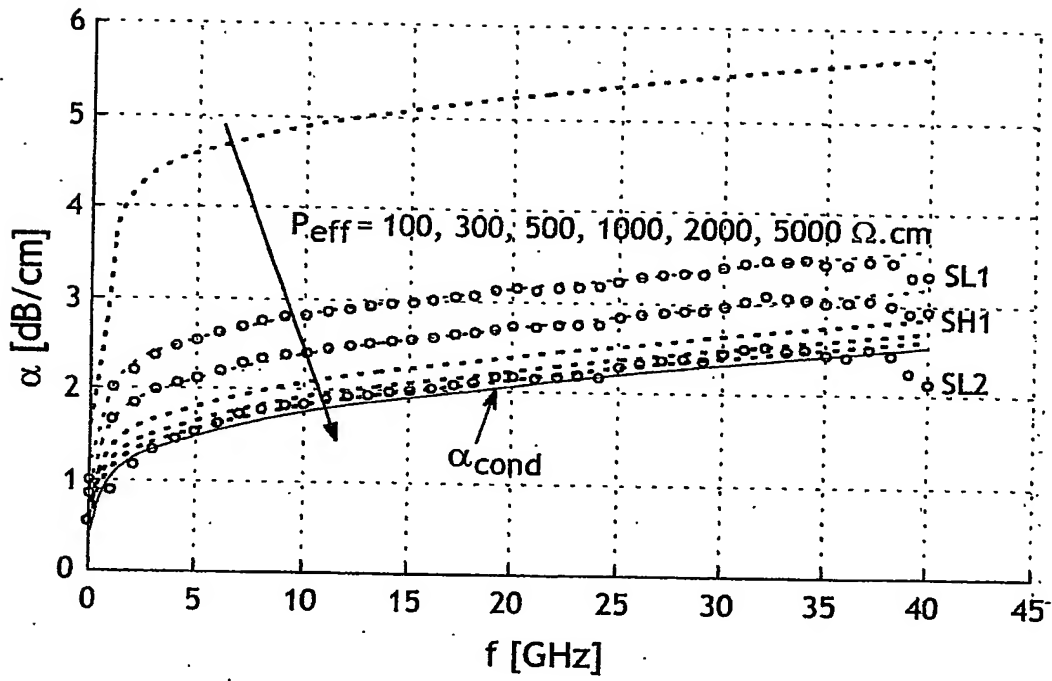


FIG.7



DÉPARTEMENT DES BREVETS

25 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11235*02

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1 / 2

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

BB 113 W / 300301

Vos références pour ce dossier (facultatif)		240578 D21249 IC
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0311347
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) Procédé de fabrication de structure multicouche à pertes diminuées		
LE(S) DEMANDEUR(S) : S.O.I.TEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES : Parc Technologique des Fontaines Chemin des Franques 38190 BERNIN FRANCE - FRANCE UNIVERSITE CATHOLIQUE DE LOUVAIN place de l'Université n°1 LOUVAIN LA NEUVE 1348 BELGIQUE BELGIQUE		
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).		
Nom		RASKIN Jean-Pierre
Prénoms		
Adresse	Rue	Rue de la Brasserie, 17
	Code postal et ville	B-5310 SAINT GERMAIN, BELGIQUE
Société d'appartenance (facultatif)		
Nom		LEDERER Dimitri
Prénoms		
Adresse	Rue	Rue Camille Cals, 28
	Code postal et ville	B-5030 ERNAGE, BELGIQUE
Société d'appartenance (facultatif)		
Nom		BRUNIER François
Prénoms		
Adresse	Rue	9, rue de New York
	Code postal et ville	38000 GRENOBLE, FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)		
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.



BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

N° 11235*02

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° .../...
 (Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)


Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 300301

Vos références pour ce dossier (facultatif)		240578 D21249 JC
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0311347
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) Procédé de fabrication de structure multicouche à pertes diminuées		
LE(S) DEMANDEUR(S) : S.O.I.TEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES Parc Technologique des Fontaines Chemin des Franques 38190 BERNIN, FRANCE UNIVERSITE CATHOLIQUE DE LOUVAIN place de l'Université n°1 LOUVAIN LA NEUVE 1348 BELGIQUE		
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).		
Nom		PONCHAUT Sylvie
Prénoms		
Adresse	Rue	SOPARTEC SA 4, Place des Sciences
	Code postal et ville	LOUVAIN LA NEUVE, B-1348 BELGIQUE
Société d'appartenance (facultatif)		
Nom		
Prénoms		
Adresse	Rue	
	Code postal et ville	
Société d'appartenance (facultatif)		
Nom		
Prénoms		
Adresse	Rue	
	Code postal et ville	
Société d'appartenance (facultatif)		
Nom		
Prénoms		
Adresse	Rue	
	Code postal et ville	
Société d'appartenance (facultatif)		
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		

PCT/BE2004/000137



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record.**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.